This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

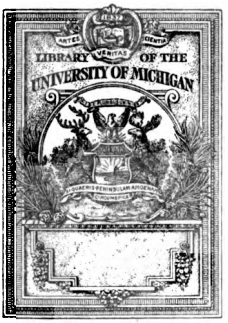
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

D. a.



FROM THE LIBRARY OF
Professor Karl Heinrich Rau
OF THE UNIVERSITY OF HEIDELBERG
PRESENTED TO THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
BY
Mr. Philo Parsons
OF DETROIT
1871

QC
21
.M96
1842

Digitized by Google

Digitized by Google

10798

Die

ERSTEN ELEMENTE

der gesammten

NATURLEHRE

zum Gebrauche

für

höhere Schulen und Gymnasien

von

Dr. Georg Wilhelm Muncke,
Geh. Hofrathe und Professor der Physik zu Heidelberg.

Vierte verbesserte Auflage mit zwei Kupfertafeln.

HEIDELBERG,
Im Vereinsverlage.
(Commission von C. F. Winter.)
1842.

PARSONS LIBRARY University of MICHIGAN

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorrede

zur vierten Auflage.

Bei der Abfassung dieses kurzen Compendiums der gesammten Physik beabsichtigte ich, den lernbegierigen Zöglingen der Gymnasien und Realschulen einen Leitfaden in die Hände zu geben, welcher dazu dienen sollte, ihnen das gegenwärtig wohl unentbehrlich zu nennende Studium der Natur und ihrer Gesetze zu erleichtern. Erkannte man allezeit das Bedürfniss, den jugendlichen Verstand nach gehörig erworbenen linguistischen und historischen Kenntnissen vor dem Uebergange zu den eigentlichen Fachwissenschaften an scharfes Nachdenken zu gewöhnen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass hierzu ein propädeutisches Studium der ewig unwandelbaren Naturgesetze am geeignetsten sey, nicht bloss wegen der Belehrung, die dasselbe über täglich und stündlich sich darbie-

Digitized by Google

tende wichtige und allgemein interessante Erscheinungen gewährt, sondern zugleich hauptsächlich wegen der Uebung im Nachdenken, welche mit der Erforschung der durch höhere Weisheit gegebenen, im Kleinen wie im Grossen sich zeigenden, Weltordnung verbunden seyn muss. Um aber das vorgesetzte Ziel leicht und sicher zu erreichen, ist vor allen Dingen erforderlich, durch die übergrosse Menge vorliegender Thatsachen nicht sofort beim Eintritte in diese reichhaltige Wissenschaft sich zu verwirren, vielmehr diejenige Bahn vorläufig scharf bezeichnet zu finden, die man bei diesen Forschungen inne zu halten hat. Die Hauptaufgabe bei der Abfassung eines Schulcompendiums besteht demnach darin, vom allgemein Bekannten zum Unbekannten, vom Leichteren zum Schwereren überzugehen, vor allen Dingen aber die wichtigsten Wahrheiten nach ihrem inneren Zusammenhange folgerecht aufzustellen, damit der Lehrer unnöthige Abschweifungen leichter vermeide, der Lernende aber an Schärfe des Gedankens und des Ausdrucks gewöhnt werde, und man von ihm das Auffassen und Erlernen der Hauptsätze mit Recht verlangen könne.

So viel mir möglich war habe ich mich angelegentlich bemühet, alle diese Zwecke zu erreichen. Die Kürze und der geringe Preis dieses kleinen Compendiums, welches dennoch die ganze Physik mit Einschluss der für den Elementar-Unterricht höchst wichtigen mathematischen und physischen Geographie nebst Meteorologie enthält, verstattet dem Schüler das-

Digitized by Google

selbe zur Hand zu haben, sich den Inhalt bekannt zu machen, und die Erläuterungen des Lehrers, oder was er anderweitig zu erlernen Gelegenheit hat, an diese feste Grundlage zu knüpfen. Auch bei dieser neuen Auflage, nachdem die vorhergehende ins Holländische (Utrecht bei Natan 1838) und nach einem von mir verbesserten Exemplare ins Moldauische übersetzt ist, habe ich den Inhalt genau nachgesehen, und die nöthigen Nachträge hinzugefügt, ohne den Umfang dadurch merklich zu vergrössern. Die zweite Kupfertafel musste neu gestochen werden, um die wichtigsten, später bekannt gewordenen, Apparate zu versinnlichen. Die unentbehrlichen Versuche, worauf ich mich beziehe, sind so gewählt, dass sie sich mit einfachen und nicht eben kostspieligen Apparaten anstellen lassen; stehen dem Lehrer reichere Hülfsmittel zu Gebote, so wird dieses den Lernenden sehr willkommen seyn, jedoch sollte überall sorgfältig vermieden werden, dass das Mittel nicht für den Zweck gelte, und das ernste Studium einer den Verstand zunächst in Anspruch nehmenden Wissenschaft nicht in amüsante Spielereien für diejenigen ausarte, welche schon *Lichtenberg* sehr bezeichnend Zuschauer im Gegensatz der Zuhörer nannte. Zur Bequemlichkeit für den Lehrer, von welchem der Schüler mit Recht erwartet, dass er mehr wisse, als was im Compendium steht, habe ich ungeachtet einiger Einschaltungen die Ordnung der Paragraphen so beibehalten, dass sie denen meines Handbuches correspondiren. Aus diesem lässt sich

Digitized by Google

genügendes Material für den mündlichen Vortrag schöpfen, und wer mehr verlangt, dem bietet das fast vollendete Wörterbuch, auch ohne den Gebrauch einer grösseren Bibliothek, eine reiche Quelle zum gründlichen Studium der ganzen Wissenschaft dar.

Heidelberg im December 1841.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Register.

A

Abendröthe 228. Abplattung 149. Abweichung, magnetische, 117; wegen der Kugelgestalt 69, 73, 85. Achromatismus 88. Adhäsion, Adhäsionsplatten 43. Aeolushöhlen 191. Aequator 119, 134, 140; magnetischer 119. Aequivalente, chemische 44. Aerostat 36. Aerostatik 31. Alkoholometer 28. Alpen 175 Alumium 47. Ammonit 186. Anamorphosen 70, 72. Anelektrisch 92. Anthropolith 186, 187. Antimon 47. Anziehung 6, 42. Araeometer 28. Arsenik 47. Atmidometer 219. Atmosphäre 211. Atom 5, 44. Auge 84. Ausdehnung 5, 50, 52. Azimuthalwinkel 133.

B

Bahn 10. Ballistik 19. Barometer 34, 214. Baryum 47. Basalt 179. Beobachtung 1. Bergäquator 174. Berge 173. Berghöhen 176. Bergmeridian 174. Bergsturz 207. Bernstein 185. Beugung des Lichtes 76. Bewegung 9; Hindernisse derselben 26. Bild 67. Blei 47. Blitz 223, 225. Blitzableiter 226. Blitzröhren 225. Boron 46. Brandung 205. Brannteweinwaage 28. Braunkohlen 185. Brecher 205. Brechung des Lichtes 70; doppelte 77. Breite 136, 140. Brennpunkt 68; negativer 69, 73. Brennraum 68. Brennspiegel 69. Brillen 85. Brom 46. Brunnen, intermittirender 32.

C

Calcium 47. Calorimotor 106. Calorique 49. Camera clara, lucida, obscura 83. Caoutchouc 185. Centralfeuer 161. Centralkraft 11. Cerium 47. Chamsin 218. Charliere 36. Charte 156. Charybdis 204. Chelidonien 217. Chlor 46. Choroidea 84. Chrom 47. Chronometer 143. Cobi 173. Cohäsion 42. Colur 137. Compensato-

Digitized by Google

ren 50. Compensationspendel 21. Compressionspumpe 32. Condensator 99. Conductor 93, 96. Contactelectricität 103. Corallien 186. Crustaceen 186. Culmination 139.

D

Dämmerung 144. Daguerreotypie 83. Dampf 59. Dampfmaschine 60. Deklination 136. Deklinationsnadel 116. Deltabildung 198, 207. Diagonale 10. Dichtigkeit 8. Dienung 203. Digestor, Papin's 61. Donner 223. Doppelspath 77. Drosometer 220.

E

Ebbe und Fluth 200. Ebene, geneigte, schiefe, 19, 20. Echo 41. Eisen 47. Ekliptik 135. Elasticität 8. Elektricität 91; dynamische, statische 92; thierische 103. Elektrisirmaschine 93. Elektromagnetismus 128. Elektrometer 94, 125. Elektrophor 98. Elementenglas 28. Elmsfeuer 223. Erdbahn 135. Erdbeben 207. Erde 131, 146; Dichtigkeit 159; Dimensionen 151, 157; Temperatur 161. Erdfall 207. Erkalten 55. Etesien 217. Eudiometer 48. Expansibel 7.

F

Falllinie 22. Fallraum 16. Fallschirm 87. Farbe 74, 75; dünner Blättchen 78; subjective 81. Farbenkreise 80. Farbenspindel 76. Farbenzerstreuung 74. Fata Morgana 230. Fernrohr 87. Festigkeit 6. Feuer, natürliche 181. Feuerkugel 232. Figuren, Lichtenbergische, 94. Fingalshöhle 191. Fische, elektrische 102. Fixstern 134. Flamme 54. Flasche, elektrische, 97. Flaschenzug 25. Flötzgebirge 178. Flüssigkeit 7. Flüstergallerie 41. Fluor 48. Fluss 192. Flussgebiet 194. Fluth 200. Föhn 218. Follis hydrostaticus 27. Frau, unsichtbare, 41. Fuss 29.

G

Gagat 185. Galvanismus 91, 103. Galvanoplastic 105. Gang 183. Gase 63. Gasvulcane 181. Gebirge 173. Gefrieren 59. Gegenfüssler 146. Gegenwohner 146. Geologie 211. Geschwindigkeit 9. Gesichtsweite 85. Getriebe 26. Gewicht 14; specifisches 8, 28; normales 29, 30. Gewichtstheilchen 44. Gewitter 222, 225. Geyser 198.

Digitized by Google

Glatteis 221. Glasthränen 8. Gletscher 207. Globus 155. Glycium 47. Gold 47. Golfstrom 203. Grade der Erde 151. Gradmessung 146. Gramme 29. Graupeln 224. Gravimeter 28. Gravitation 6. Gravitationsgesetz 15.

H

Hagel 224. Hagelableiter 226. Halbflüssig 7. Halbmesser der Krümmung 72. Harmattan 218. Hebebaum 25. Hebel 23. Heber 33. Heblade 25. Heronsball 38. Heronsbrunnen 38. Himmelskugel 144. Hochebenen 176. Höhen der Himmelskörper 138; der Berge 176. Höhenmessen, barometrisches, 84. Höhle 190. Höhrauch 222. Hörrohr 41. Hof 230. Hohlspiegel 68. Honigthau 229. Horizont 131. Horopter 86. Hyetometer 228. Hygrometer 62. Hypomochlium 23.

I

Jahr 138; platonisches 136. Ichthyolithen 186. Idioelektrisch 92. Inductionselektricität 110. Inflexion, oder Beugung des Lichtes 76. Inklinationsnadel 118. Imponderabilien 48. Insel, schwimmende, 196. Iod 46. Iridium 47. Irrlicht 231. Isochimenen 168. Isodynamische Linien 120. Isogeothermen 164. Isogonische Linien 117. Isoklinen 119. Isotheren 168. Isothermen 168.

K

Kadmium 47. Kältepole 164. Kältestrahlen 49. Kaleidoskop 68. Kalium 46. Kasten, optischer, 89. Keil 20. Kette, Volta'sche, 104. Klang 40. Klangfiguren 39. Klima 107, 144, 171. Knallgas 45. Knallgasgebläse 34. Knallsalz 48. Kobalt 47. Kohlenstoff 46. Kohlenwasserstoffgas 46. Komet 134. Kraft 6, 10. Krater 210. Krümmungshalbmesser 72. Krystalllinse 84. Krystallisation 44. Kupfer 47.

L

Labyrinth 191. Länge 136, 140. Längenuhr 143. Landcharte 156. Landtrombe 223. Lager 183. Landwind 217. Last 23. Lava 209. Lavahöhle 191. Lawine 207. Leichtflüssig 58. Leidenfrost's Versuch 56. Leiter,

Digitized by Google

elektrischer 92, 103; feuchter 106. Leuchten 54, 64; des Meeres 202. Licht 48, 63. Lichtäther 65. Lichteindruck, Dauer desselben 64. Linsengläser 78. Lithium 47. Llanos 173. Luft, atmosphärische, 44, 211. Luftballon 36. Luftdruck 32. Luftperspectiv 88. Luftpumpe 32. Luftspiegelung 230.

M

Magnetismus 112. Magnetnadel 116. Magnetoelektricität 111, 128. Magnetometer 118. Magnium 47. Mahlstrom, Moskestrom 203. Mangan 47. Mammut 187, 189. Manometer 35. Mariotte'sches Gesetz 34. Mass 29. Materie 5. Meer 197. Meereis 199. Meeresströme und Strudel 203. Meerwasser 198. Mehlthau 229. Meile 152. Meniscus 73. Meridian 117, 138, 139; erster 141; magnetischer 117. Metall 46; Rose'sches 58. Metallthermometer 51. Meteorologie 213. Meteorstein 234. Meter 29, 148. Metronom 22. Mikroskop 89. Mistral 218. Mittagslinie 133, 140. Mittönen 40, Molecüle 44. Molybdän 47 Montgolfiere 36. Morgenröthe 228. Mousson 217. Mühle 31; Barker's 30. Multiplicator 125.

N

Nachtgleichspunkte 137. Nadel, astatische, 110. Nadir 132. Natrium 47. Naturgesetz, Naturphilosophie 2. Nebel 220. Nebensonne 230. Nebenwohner 146. Neptunist 184. Neuholland 161. Nichtleiter 92. Nickel 47. Nipfluth 202. Nordlicht 233.

O

Oase 178. Objectivlinse 87. Ohr 41. Optik 65. Ornithien 217. Ornitholithen 186. Ort 8. Osmium 47.

P

Palladium 47. Pampas 173. Parallaxe 132. Passatwind 216. Passevin 28. Pendel 20. Pendelbeobachtungen 150. Perpetuum mobile 109. Petrefact 188. Phosphor 46. Pigment 75. Planet 134. Platin 47. Platzregen 224. Polarisirung des Lichtes 77. Polarkreis 137, 140. Pole, magnetische, 113, 119; der Erde 133, 140. Polhöhe 139.

Digitized by Google

Porosität 8. Potenz, mechanische, 20. Präcession 136. Presse 37. Prisma 74. Projection 156. Protectoren 103. Psychrometer 63. Pupille 84, 86. Pyrometer 51. Pyrophor 58.

Q

Quecksilber 47. Quelle 192, incrustirende 193; intermittirende 193; mineralische 192; von Schwefelsäure 192.

R

Rad 25. Raum 4. Rectascension 136. Regen 220. Regenbogen 229. Regengallen 229. Regenmenge 238. Regenmesser 238. Regenwasser 231. Reibung 26. Reif 221. Residuum 98. Retina 84. Rheophor 107, 123. Röhre, communicirende, 37, 38; Eustachische 41. Rhodium 47. Rolle 25. Rostpendel 21.

S

Säule, Volta'sche, 104; trockene 108. Sahara 173. Salpeterstoffgas 45. Salz, Salzquelle 184. Salzspindel 28. Sammlungsgläser 72. Samum 218. Sauerstoff 45. Schall 38; Fortpflanzung 40. Schatten 66; gefärbte 81. Scheel 47. Scheitelkreise 133. Schlammvulcan 182. Schlossen 224. Schmelzen 58. Schnee 221. Schneegrenze 162, 164. Schraube 20. Schwefel 46. Schwere 6, 11, 14 bis 19. Schwerpunkt 10, 22. Schwimmen 28. Schwungkraft 11, 16. Scylla 204. Secundenpendel 21. Seen 196. Seecharten 157. Seewasser 192. Seewind 217. Sehen 64, 85. Seifengebirge 179. Selbstverbrennung 53. Selen 46. Sieden 59. Silber 47. Silicium 47. Sirocco 218. Sixthermometer 51. Solano 218. Sommer, liegender, 222. Sonnenzeit 138. Spiegel 66. Spiegelung 67. Spiegelzimmer 67. Spiegelteleskop 88. Sprachgewölbe 41. Sprachrohr 40. Springbrunnen 27. Springfluth 202. Springheber 33. Sprödigkeit 8. Staubschnee 221. Steinkohlen 185. Steppe 173. Sternschnuppen 233. Sternzeit 138. Stickstoff 45. Stimme 39. Stock 183. Stoss 13. Strahlenkästchen 68. Strengflüssig 58. Stromschnelle 194. Strontium 47. Sumpf 196. Surturbrand 185. Sympiezometer 35.

Digitized by Google

T

Tachopyrion 53. Tagebogen 139, 140. Tageslänge 145. Taktmesser 22. Tangentialkraft 11. Tantal 47. Tantalus 33. Taubheit 41. Telegraph 126. Temperatur 161, der Erde 162, mittlere 164, 168, 211, der Quellen 192. Testaceen 186. Thau 220. Theilbarkeit 7. Thermoelektricität 109. Thermometer 50. Thierkreis 135. Thierkreislicht 233. Thorium 47. Titan 47. Ton 38. Trabant 134. Trägheit 9. Transversalmagnet 127. Triebstock 25. Trogapparat 105. Tropfen 7, 221.

U

Uebergangsgebirge 178. Ueberschwemmung 195. Uhr 21. Undurchdringlichkeit 5. Uran 47. Urgebirge 178.

V

Vanadium 47. Ventil 32. Verbrennen 53. Verdampfen 59, 62. Versteinerung 186. Versuch 1. Verticalkreise 133. Verwandtschaft, chemische 44. Vorrückung der Nachtgleichen 136. Vulcan 179, 209. Vulcanist 184.

W

Waage 25; hydrostatische 28. Wärme 49, 90; gebundene 57; specifische 57; thierische 55. Wärmeerzeugung 52. Wärmeleitung 55. Wärmestrahlen 91. Wahlverwandtschaft 44. Wasserfall 194. Wasserhose 224. Wasserrad, Segners 30. Wasserstoff 45. Wellen 205. Weltgegend 132. Welttheile 160. Wendekreis 137, 140. Weststrom 208. Wetterleuchten 222. Wettersäule 223. Wind 215. Windbüchse 38. Winde 25, 215; heisse 217. Windkessel 38. Windrose 133. Winkel, optischer 86. Wismuth 47. Witterungsregeln 214. Wolke 219. Wolkenbruch 224. Wüste 173. Wurfbewegung 18.

Y

Yttrium 47.

Z

Zambonische Säule 108. Zaubertrichter 32. Zenith 132. Zerstreuungsgläser 72. Zink 47. Zinn 47. Zirconium 47. Zodiacallicht 233. Zone 141, 144. Zünden durch El. 101, 225.

Digitized by Google

Vorläufige Bestimmungen.

§. 1. Naturlehre heisst die Lehre von der Natur, und begreift die Kenntniss der letztern an sich und der in ihr wirksamen Gesetze. Im weitesten Sinne des Wortes gehört daher hierzu sowohl die Kenntniss der Himmelskörper (Astronomie), der Erde im Allgemeinen (physische Geographie), und der drei Naturreiche (Zoologie, Botanik, Mineralogie), als auch die Erforschung der Veränderungen, welche wir in der Natur beobachten, und ihrer Gesetze (Physik oder Naturlehre im engeren Sinne, Chemie, Physiologie), und alle diese Abtheilungen stehen mit einander im innigsten Zusammenhange.

§. 2. Die Naturlehre oder Physik im engeren Sinne untersucht die allgemeinen Gesetze, nach welchen die zahllosen Veränderungen in der Körperwelt vorgehen, und die ihnen zum Grunde liegenden Ursachen. Man unterscheidet theoretische und Experimental-Physik. Indess giebt es keine gründliche Experimental-Physik ohne theoretische Untersuchungen, und keine theoretische Naturlehre, welche nicht auf eigene oder fremde Experimente gestützt wäre.

§. 3. Die Gesetze der Natur sind erkannt und werden noch stets erforscht durch *Beobachtungen* und *Versuche*. Erstere werden mit freien oder mit bewaffneten Sinnen angestellt, Letztere meistens vermittelst vielfacher Instrumente und Apparate.

Digitized by Google

§. 4. Wenn man die Gesetze der Natur wissenschaftlich erforscht, und sie nach ihrem eigentlichen Wesen und innern Zusammenhange zu erkennen sucht, so heisst dieses *Naturphilosophie.*

Die ächte Naturphilosophie wird bald zu der Ueberzeugung führen, wie wenig wir noch von der Natur selbst und ihren eigentlichen Gesetzen kennen. Alle Bemühungen derjenigen Naturphilosophen dagegen, welche die Naturgesetze durch blosse Speculation aufzufinden versuchten, blieben ganz ohne reellen Erfolg. Ueberhaupt ist es noch sehr fraglich, ob die Menschen, aller angestrengten Bestrebungen und glänzenden Entdeckungen ungeachtet, die Natur und ihre Gesetze schon während der Dauer ihres irdischen Lebens und vermittelst ihrer nicht absolut vollkommenen Denkkräfte vollständig und genau kennen zu lernen fähig oder nur durch die Gottheit hierzu bestimmt sind.

§. 5. Jedes Naturgesetz, welches aus den Erscheinungen gefolgert wird, bleibt so lange eine Hypothese, bis es als völlig ausgemacht erkannt ist.

Je gröfser die Menge der sicheren Erfahrungen ist, worauf ein Naturgesetz gegründet wird, und je genauer jene mit einander übereinstimmen, desto sicherer ist Letzteres begründet. Der höchste Grad der Wahrscheinlichkeit gilt auch hierbei, wie bei den meisten Gegenständen des menschlichen Wissens, für Gewissheit.

§. 6. Das Studium der Natur und ihrer Gesetze ist *nothwendig*, weil wir hierdurch die Mittel kennen lernen müssen, der Natur dasjenige in reicherem Maasse abzugewinnen, was wir zum Unterhalte und zur grösseren Bequemlichkeit des Lebens bedürfen. Den hieraus erwachsenden Nutzen kann man den *objectiven* nennen, und er zeigt sich auffallend in den Erweiterungen der Agricultur, Technologie, Nautik u. s. w.

§. 7. Zugleich ist dasselbe aber auch *subjectiv* nützlich, weil es 1) den Verstand schärft, 2) gegen Aberglauben

Digitized by Google

schützt und 3) zur Erkenntniss und Verehrung des höchsten Urhebers aller Dinge behülflich ist.

ad 1) An keinem Gegenstande kann das Nachdenken besser geübt werden, als an den wahren und an sich vollkommenen Gesetzen der Natur. Falsche Schlüsse finden hierbei am leichtesten und sichersten einen Prüfstein an der Erfahrung und der unwandelbaren höheren Ordnung der Welt.

ad 2) Zahllose Irrthümer und Wirkungen des Aberglaubens, namentlich an Zauberkräfte, sind schon durch eine richtigere Kenntniss der Natur verbannt.

ad 3) Es ist falsch, dass ein gründliches Studium der Natur zum Zweifeln in Gegenständen des religiösen Glaubens führen sollte. Vielmehr muss das Gefühl des Unvermögens, die ewigen Gesetze der Natur genau zu ergründen, verbunden mit der Betrachtung der unermesslichen Fülle und Grösse der Erscheinungen, nebst der Regelmässigkeit, Bestimmtheit und Schärfe der schon erkannten Gesetze die Ueberzeugung von der Nothwendigkeit des Glaubens in den Lehren der Religion verstärken, und zwar um so mehr, je lebhafter wir uns von der unermesslichen Grösse der Welt überzeugen. Eben daher forderte auch der Stifter der christlichen Religion, dass die Menschen den Urheber der Welt aus seinen Werken erkennen sollten.

§. 8. Das Studium der Naturwissenschaften machte allezeit um so grössere Fortschritte, je mehr man sich bemühte, durch genaue Beobachtungen und Versuche die Summe der ausgemachten Erfahrungen zu vermehren.

Ausser den älteren Philosophen haben sich um die Kenntniss der Natur vorzüglich verdient gemacht *Nicolaus Copernicus* (1472 — 1543), *Tycho de Brahe* (1546 — 1601), *Keppler* (1571 — 1630), *Galileo Galilei* (1564 — 1641), *Evangelista Torricelli* (1618 — 1647), *Pascal* (1625 — 1662), *Franz Baco von Verulam* (1560 — 1626), *Renatus Cartesius* (1596 — 1650), *Huyghens* (1624 — 1695), *Otto v. Guericke* (1602 — 1686), *Ro-*

Digitized by Google

bert Boyle (1626 — 1691), *Isaak Newton* (1642 — 1727) *und Leibnitz* (1646 — 1716).

Unter den Erweiterern und Begründern der Naturlehre aus dem vorigen Jahrhunderte verdienen vorzüglich *Cavendish, Priestley, Franklin, Hutton, Lavoisier, Lambert, Euler, Tobias Mayer, Scheele, Herschel, Thomas Young* und *de la Place* genannt zu werden.

Erste Abtheilung.

Wägbare Körper.

I. Allgemeine Betrachtungen.

§. 9 u. 10. Bei der Aufsuchung der Naturgesetze unterscheidet man den *Raum*, welchen die Geometrie misst; das den Raum Erfüllende oder die *Materie;* die in einen begrenzten Raum eingeschlossene Materie oder den *Körper*, und die Ursache, welche Veränderungen hervorbringt, oder die *Kraft*.

Raum nennen wir dasjenige, was durch die vereinten Ausdehnungen nach drei Dimensionen entsteht. Die Vorstellung dieses Ausgedehnt-seyns ist zugleich die Vorstellung des Raumes. Der Raum ist daher als leer und als erfüllt vorstellbar, auch kann er vom unendlich kleinen bis zum unendlich grossen wachsen. Ob es einen leeren Raum gebe oder nicht, ist durch die Erfahrung noch nicht entschieden; da der Raum ausser uns aber unmessbar gross, und die Vorstellung des (geometrisch oder absolut) unendlich Grossen und unendlich Kleinen für uns unmöglich ist, so kommt uns über einen unendlich grossen und unendlich kleinen Raum überall kein Urtheil zu.

Digitized by Google

Was die Materie an sich sey, und ob es nur *eine* Grundmaterie giebt, welche sich dann in den verschiedenen Körpern unter verschiedenen Modificationen zeigen müsste, ist schwer zu entscheiden, für die Erforschung der Naturgesetze aber unwesentlich.

Die beiden vorzüglichsten physikalischen Systeme sind 1) das atomistische, welches annimmt, dass die ihren Eigenschaften nach heterogenen Körper aus verschiedenen Grundbestandtheilen, oder Atomen, bestehen, deren Grösse und Beschaffenheit bisher noch nicht erforscht ist; 2) das dynamische, von *Immanuel Kant* gegründete, wonach die Existenz der Materie durch zwei entgegengesetzte Grundkräfte, die Ziehkraft und Dehnkraft, bedingt seyn soll. Die Nachfolger *Kant's* haben später angenommen, alle Erscheinungen in der Natur beruheten auf dem Conflicte dieser beiden Kräfte. Bloss in Deutschland hat das dynamische System Anhänger gefunden.

Alle Untersuchungen über geistige Kräfte und Geistesthätigkeiten, so wie über alles dasjenige, was zum religiösen Glauben gehört, sind der Naturforschung fremd, und müssen von ihr ausgeschlossen bleiben. Dagegen steht es der Psychologie und der Theologie frei, aus der Naturlehre dasjenige zu entlehnen, dessen sie bedürfen.

§. 11. Insofern die Materie entweder an sich, oder mindestens nach unserer Vorstellung, den Raum erfüllt, im Raume ist, muss sie ausgedehnt seyn; denn wie klein auch der Raum seyn mag, so hat er doch Ausdehnung, ein unendlich kleiner Raum aber ist ein mathematischer Punkt und kein Gegenstand des Messens mehr. Undurchdringlich aber muss die Materie seyn, weil in demselben Raume, welchen ihre kleinsten Theile einnehmen, nicht zugleich die Theile eines andern Körpers als existirend vorstellbar sind. *Ausdehnung* und *Undurchdringlichkeit* sind daher die wesentlichen Eigenschaften der Materie.

§. 12. Die Materie, als solche, hat in sich keine Ursache irgend einer Veränderung. Dasjenige, was diese letztere hervorbringt, nennen wir Kraft, und messen diese

Digitized by Google

nach der hervorgebrachten Wirkung, ohne dass jedoch irgend eine Erscheinung im Gebiete der Sinnenwelt uns berechtigt, eine Kraft in der Natur als für sich bestehend und an kein materielles Substrat gebunden, anzunehmen.

§. 13. Ehe wir die Frage mit Sicherheit beantworten können, wie viele Kräfte und materielle Grundstoffe es giebt, müssen wir erst die ganze Natur und alle ihre Gesetze kennen, wovon wir jedoch zur Zeit noch weit entfernt sind.

§. 14. Eine sehr allgemeine, vielleicht ganz allgemein der Materie zukommende und von ihr unzertrennliche, Kraft ist die Attraction oder Anziehung, wonach materielle Stoffe und die Körper nach gegenseitiger Verbindung streben.

Folgen dieser Kraft sind die Gravitation der Himmelskörper, die Schwere, und die gegenseitige Anziehung grösserer oder kleinerer Massen. In allen diesen Fällen wirkt die Anziehungskraft der Grösse der Masse direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional, und diese Anziehung heisst von ihrem Entdecker die *Newtonsche*. Dass die Wärme die erhitzten Körper nur allmälig verlässt, das Licht in den Phosphoren gebunden erscheint, die Elektricität auf isolirten Conductoren angehäuft wird, und der Magnetismus sich in einigen Körpern bleibend erhält, lässt sich mit einigem Grunde auf das allgemeine Gesetz der Anziehung zurückführen. Jedoch kennen wir die letztgenannten Potenzen noch zu wenig, um mit Bestimmtheit über ihr Wesen zu entscheiden.

§. 15. Wahrscheinlich wird das allgemeine Gesetz der Anziehung zwischen den Bestandtheilen der Körper durch den Einfluss der Wärme dahin modificirt, dass diese theils als fest, theils als flüssig, theils als expansibel oder elastisch flüssig erscheinen.

Fest oder starr heissen diejenigen Körper, deren Theile ohne eine messbare äussere Gewalt ihre gegenseitige Lage nicht ändern, und der Grad ihrer Festigkeit wird durch

Digitized by Google

die Stärke des Zusammenhanges ihrer Theile bestimmt. Flüssig, und zwar tropfbar-flüssig, nennen wir Körper, deren Theilchen ohne messbaren Widerstand ihre gegenseitige Lage ändern, eben daher ohne Reibung über einander hingleiten (fliessen), und bloss ihrer gegenseitigen Anziehung überlassen runde Tropfen bilden. Manche Körper bestehen aus kleinen festen Theilchen, im Ganzen aber kommen sie dem Flüssigkeitszustande nahe, weil sie keine bleibende Form behalten, z. B. ein Haufen Sand u. dgl. und heissen daher halbflüssig; tropfbar-flüssig können sie nicht genannt werden, weil sie keine Tropfen bilden. Elastisch-flüssig, expansibel oder gasförmig, heissen diejenigen Körper, welche ohne einen äussern Druck sich in einen willkührlich grossen Raum ausbreiten, als Gase oder Luftarten und Dämpfe.

Dass dieser verschiedene Zustand der Körper nicht in ihrem Wesen oder in der Beschaffenheit ihrer Bestandtheile gegründet sey, sondern in gewissen Verhältnissen dieser letzteren gegen einander und in dem Einflusse des äussern Druckes, zeigt sich deutlich durch das Festwerden zweier tropfbaren Flüssigkeiten bei ihrer Vermischung. Wenn man nämlich an der Luft zerflossenen salzsauren Kalk und mit der Hälfte Wassers verdünnte Schwefelsäure zusammengiesst, so bleibt die Masse nicht tropfbar flüssig. Dagegen werden Chlorgas, kohlensaures Gas, Ammoniakgas, Salpetergas, u. a. durch starke Compression tropfbar-flüssig. Es giebt indess keinen Körper, welcher nicht allein oder in Verbindung mit andern durch die höchsten Grade der Hitze flüssig gemacht und meistens auch in Dampf verwandelt werden könnte.

§. 16. Der Raum lässt sich ins Unendliche (dem Begriffe nach) theilen, und denkt man sich in dem so getheilten Raume einen Körper, so wird auch diesen die unendliche Theilung treffen. Aus dieser Construction der Begriffe folgt aber keine wirkliche oder nur mögliche Theilung irgend eines Körpers ins Unendliche, und die Erfahrung ergiebt bloss, dass viele Körpertheile über unsere Vorstellung klein sind.

Digitized by Google

Bei dieser Demonstration darf nicht übersehen werden, dass man sich nur eine stets fortgehende, nie aufhörende, folglich stets kleinere Theile gebende Theilung vorzustellen vermag, indem strenge genommen das (mathematisch) Unendlichkleine kein Gegenstand der Vorstellung ist, auch die grösste messbare Menge (mathematisch) unendlich kleiner Theile keine messbare Grösse giebt. Was grösser oder kleiner ist, als dass es gemessen werden könnte, das nennt man gleichfalls unendlich gross oder unendlich klein, aber physisch.

Beispiele sehr weit gehender Theilung geben dünne Goldblättchen, alle chemische Auflösungen, die färbenden Theilchen des Carmin's, das Färben von einem Maass Wasser mit wenigen Körnchen Kochsalz vermischt durch einen Tropfen salpetersauren Silbers, die riechbaren Theilchen des Moschus u. dgl. m.

§. 17. Relative Eigenschaften der Körper, deren Grund noch nicht gehörig erkannt ist, sind *Dichtigkeit, Porosität, Härte, Elasticität* und *Sprödigkeit.*

Der Begriff der Dichtigkeit wird durch die Menge der in einem gegebenen Raume vereinten materiellen Theilchen gegeben, und fällt daher mit dem specifischen Gewichte zusammen. Alle Körper werden durch Verminderung der Temperatur dichter. — Bei einem unter Wasser liegenden Ei unter der Luftpumpe lassen sich die Poren seiner Schale nachweisen. — Ein Körper ist härter als der andere, wenn er ihn ritzt. — Grosse Sprödigkeit zeigen die Glasthränen, grosse Elasticität die Glasfäden.

II. Bewegungsgesetze fester Körper.

§. 18. Jeder Körper ist an einem Orte, und dieser ist, für sich betrachtet, der absolute, in Beziehung auf andere Körper, der relative.

§. 19. Veränderung des Ortes ist *Bewegung,* und diese, für sich betrachtet, absolute, in Beziehung auf andere Gegenstände, relative Bewegung.

Digitized by Google

§. 20. Bewegung und Ruhe sind ferner bald einzeln, bald gemeinschaftlich.

§. 21. Bei der Bewegung ist zu berücksichtigen:

a) die Zeit der Dauer,

b) der durchlaufene Raum,

c) die bewegende Kraft,

d) die Richtung,

e) das *Medium*, worin die Bewegung statt findet.

Die Vergleichung der Zeit und des durchlaufenen Raumes giebt die Geschwindigkeit. Heisst allgemein die Zeit T, der Raum S, die Geschwindigkeit C, so ist $C = \frac{S}{T}$. Hiernach ist ferner die Bewegung gleichförmig oder ungleichförmig, und die letztere wieder gleichmässig oder ungleichmässig beschleunigt oder vermindert.

§. 22. Weil die Materie an sich und ohne eine hinzukommende bewegende Kraft keinen Grund weder der Bewegung noch der Ruhe enthält (§. 12.), so nennt man sie träge, das heisst, sie wird stets in dem ihr gegebenen Zustande der Ruhe oder der Bewegung beharren, und zugleich einer jeden bewegenden Ursache einen so viel stärkeren Widerstand entgegensetzen, je grösser ihre Masse und die ihr zu ertheilende oder ertheilte Geschwindigkeit ist.

Beispiele der Trägheit geben das Schwungrad, das Zerschlagen von Steinen in der Hand, das Hinauftreiben einer Axt auf ihren Stiel u. s. w. Die grosse Gegenwirkung des Wassers zeigt sich bei einer Glasthräne, welche in einem mit Wasser gefüllten dicken Zuckerglase zerspringend dasselbe in zahllose Splitter zerschellt.

§. 23. Wirkt nur eine Kraft auf einen Körper, so giebt die Richtung derselben seine Bahn. Zwei gerade entgegengesetzte Kräfte vernichten einander um gleiche Grössen; sind sie einander nicht entgegengesetzt, und zugleich wirkend, so ist ihre Diagonale die Bahn des Körpers. Bei mehreren Kräften sucht man die gemeinschaftliche Diagonale

Digitized by Google

aller. Wirkt auf einen in einer gewissen Richtung bewegten Körper eine stetige Kraft in einer andern Richtung, als in der ihm gegebenen, so ist die Bahn eine krumme Linie.

Die Bahn eines Körpers nennt man diejenige Linie, welche der Schwerpunkt desselben bei der Bewegung durchläuft.

Die Entstehung der Diagonale kann man deutlich machen, wenn man annimmt, dass die beiden von A nach B und C fig. 1. wirkenden Kräfte abwechselnd in immer kleineren Zeiträumen einzeln wirken, wonach der Körper durch die Wirkung der einen die Räume Aa; ab; βc; u. s. w., durch die Wirkung der andern die Räume $a\alpha$; $b\beta$; $c\gamma$ u. s. w. durchläuft, welche, verschwindend klein angenommen, die Linie $A\alpha\beta\gamma \ldots c$. geben.

Nennt man $AB = a$, $AC = b$, den Winkel $BAC = \alpha$, so findet man durch die Trigonometrie die Diagonale $Ac = \sqrt{(a^2 + b^2 + 2ab.\ cos.\ \alpha)}$. Ist der Winkel α grösser als 90^0, so wird $cos.\ \alpha$, und hierdurch auch das letzte Glied der Gleichung negativ.

Augenfällige Beispiele des Zusammenwirkens von zwei und mehreren Kräften geben das Ziehen der Schiffe, die Rammklötze u. a. Weniger deutlich ist die zusammengesetzte Bewegung beim Herabfallen eines Steines vom Mastkorbe eines Schiffes, beim Fangen eines Balles im Fahren, bei den Sprüngen der Kunstreiter, und bei allen geworfenen Körpern, hauptsächlich, wenn man die Bewegung unserer Erde um ihre Axe und im Weltraume mit berücksichtigt.

Wenn man einen, in einer geraden Linie bewegten, und in dieser Bewegung zu beharren strebenden Körper in jedem unmessbar kleinen Zeittheilchen von seiner Bahn ablenkt, so muss seine Bahn nothwendig eine krumme Linie seyn.

§. 24. Die gerade Linie, worin ein bewegter Körper sich nach dem Gesetze der Trägheit weiter zu bewegen

Digitized by Google

strebt, bildet mit der Curve, worin er sich dann bewegt, wenn er durch eine stetig wirkende Kraft nach einem gewissen Punkte getrieben wird, eine Tangente, und man nennt daher die ihn in einer geraden Linie zu bewegen strebende Kraft auch Tangentialkraft. Weil hierbei die eine Kraft ihn dem Centro zu nähern strebt, die andere die directe Näherung hindert, so nennt man die eine Centrifugal-, die andere Centripetal-Kraft, beide Centralkräfte.

Die Centralkräfte kommen hauptsächlich bei der Bewegung der Himmelskörper in Betrachtung, welche Ellipsen beschreiben, indem sie in ihrer Bewegung beharren, und dabei stets gegen einen grösseren Körper zu fallen streben. Etwas anschaulich lässt sich die Sache durch einen an einen Faden gebundenen und umgeschwungenen Körper machen, wobei der Faden die Centripetalkraft vorstellen kann. Reisst derselbe, so fliegt der Körper in der Tangente der beschriebenen Curve fort.

§. 25. Weil ein um ein Centrum geschwungener Körper nach dem Gesetze der Trägheit in derjenigen geraden Linie, welche mit seiner krummen Bahn eine Tangente bildet, sich fortzubewegen das Bestreben erhält, so nennt man die Kraft, womit er sich hiernach vom Centrum zu entfernen strebt, die Schwungkraft.

Die in der Mechanik häufig in Anwendung kommende Schwungkraft ist dem Quadrate der Geschwindigkeit direct, und dem Radius des Kreises, welchen der geschwungene Körper um das Centrum beschreibt, umgekehrt proportional. Nennt man daher die Geschwindigkeit $= v$, den Halbmesser $= r$, so ist die Schwungkraft $k = \frac{v^2}{r}$. Der Beweis dieses Satzes ist nicht schwer, aber etwas weitläuftig, und eignet sich für einen höheren Cursus.

Soll die Schwungkraft mit der Schwere (§. 28.) verglichen werden, so ist zu berücksichtigen, dass jeder Körper in der Nähe der Erd-Oberfläche frei fallend vermöge der Schwere in einer Secunde Zeit durch einen

Digitized by Google

Raum $g = 15,13$ par. Fuſs herabfällt. Indem aber diese seine Bewegung von o anfängt und gleichmässig beschleunigt wird, so gehört dieser Raum derjenigen mittleren Geschwindigkeit zu, welche er in der Hälfte dieser Zeit erlangt hatte. Nimmt man also diejenige Geschwindigkeit, welche er am Ende der ersten Zeitsecunde seines Fallens erlangt hat, als die mittlere an, so würde er damit den Raum $= 2g$ durchlaufen, und dieser Raum gehört also der in der ersten Secunde erreichten mittleren Geschwindigkeit zu. Ist dann eine Secunde das Zeitmass für die Geschwindigkeit des Schwunges und des Fallens, und wird letztere als Einheit angenommen, so ist $k : 1 = \frac{v^2}{r} : 2g$; also $k = \frac{v^2}{2gr}$. Als Normalgrössen in der gesammten Bewegungslehre dienen 1) für die Zeit eine *Secunde* mittlerer Sonnenzeit (§. 206), 2) für den Raum das *Meter* (§. 44), 3) für die Geschwindigkeit die mittlere *Fallgeschwindigkeit* in einer Secunde, oder $2g$ (§. 28).

§. 26. Wenn zwei Körper in ihrer Bewegung gegen einander stossen, so müssen sie sich wechselseitig von dieser ihrer Bewegung mittheilen. Unter den vielen hierbei möglichen Fällen ist der einfachste, wenn die Bahn, worin sich beide bewegen, eine durch den Schwerpunkt derselben gehende gerade Linie ist. Als allgemeines Gesetz lässt sich leicht dieses erkennen, dass die Wirkung eines jeden gegen den andern im Verhältniss der Masse und der Geschwindigkeit stehen wird.

Sind die Körper nicht elastisch, so ist für die Masse und Geschwindigkeit des einen $= M$ und C, des andern $= m$ und c, die Geschwindigkeit nach dem Stosse $c' = \frac{MC + mc}{M + m}$. Sind aber die Körper elastisch, so müssen sie durch den Stoss eine Zusammendrückung erleiden, die zusammengedrückten Theile werden aber mit einer der Zusammendrückung proportionalen Kraft wieder zurückspringen. Hiernach muss der stossende das Product seiner Masse und Geschwindigkeit unter beide vertheilen, so

Digitized by Google

dafs für ihn $c' = \frac{MC}{M+m}$ seyn würde; der gestossene aber wird eine dieser Ursache und seiner Masse proportionale Wirkung erleiden, oder für ihn wird die Geschwindigkeit nach dem Stosse $c' = \frac{mC}{M+m}$ seyn, welche von jener abgezogen $c' = \frac{(M-m)\,C}{M+m}$ lässt. Indem aber der gestossene Körper mit einer seiner Masse und Geschwindigkeit proportionalen Kraft zurückwirkt, beide also eine dieser Grösse proportionale Reaction ausüben, welche unter beide vertheilt werden muss, und $= \frac{2mc}{M+m}$ ist, so wird mit Rücksicht darauf, dass beide sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen können, für M die Geschwindigkeit nach dem Stosse $c' = \frac{(M+m)\,C \pm 2mc,}{M+m}$ für m aber $c'' = \frac{(m-M)\,c \pm 2MC}{M+m}$ seyn. Mit bleiernen und elfenbeinernen Kugeln lassen sich diese Gesetze desswegen nur unvollkommen genau nachweisen, weil es keinen völlig unelastischen und keinen vollkommen elastischen Körper giebt.

§. 27. Wenn ein Körper gegen eine schiefe Fläche stösst, und jener oder diese elastisch ist, so wird er in einer solchen Richtung zurückgeworfen werden, dass der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist.

Dieses Gesetz wird anschaulich, wenn man berücksichtigt, dass fig. 2. die Kraft, welche den Körper von *a* nach *c* bewegt, in *ae* und *ad* zerlegt werden kann. Ist der Körper in *c* angekommen, so wird durch den als unüberwindlich angenommenen Widerstand der Ebene *ef* die Kraft $ae = o$ und dann negativ, also $= cd$. Aber $ad = cf$, folglich bewegt sich der Körper von *c* nach *b*; beide Diagonalen sind einander gleich, und haben gleiche Neigung gegen die gestossene Ebene.

§. 28. Die vorzüglichste und allgemeinste bewegende Kraft ist die *Schwere*. Sie ist eine Folge der Anziehung

Digitized by Google

der Erde gegen jeden Körper, welcher sich in geringer Entfernung von ihr befindet, und verursacht das stete Bestreben der Körper in einer Linie zu fallen, welche verlängert in das Centrum der Erde treffen würde. Weil aber die Schwere stetig wirkend ist, so muss die hierdurch erzeugte Bewegung eine beschleunigte seyn, wofür das allgemeine Gesetz gilt, dass für eine Zeit $= t$ in Secunden, und einen der ersten Secunde zugehörigen Fallraum $= g$, allgemein der durchlaufene Raum $S = t^2 g$ ist.

Die Schwere ist das Resultat der Anziehung, welche jeder Körper durch die Erde erleidet, und indem diese Ursache auf alle Körper in gleicher Entfernung von der Erdoberfläche gleichmässig wirken muss, so ist auch jeder gleich schwer. Weil aber der eine aus mehr angezogenen Theilen besteht, als der andere, so ist die Summe dieser Wirkungen oder der Druck gegen eine Unterlage bei verschiedenen Körpern verschieden. Letzteres heisst das Gewicht und ist von der Schwere wohl zu unterscheiden.

Das allgemeine Gesetz, dass $S = t^2 g$ ist, hat man auf vielfache Weise bewiesen. Am leichtesten kann man dasselbe versinnlichen, wenn man diejenige Geschwindigkeit, mit welcher der Körper durch das Beharren in der schon erhaltenen Bewegung gewisse Räume durchläuft, von derjenigen trennt, welche er in jedem Zeittheilchen durch die Anziehung aufs Neue erhält. Der durch die Erde angezogene Körper nämlich erhält im ersten Zeittheilchen durch die Anziehung eine Bewegung $= 1$ und der durchlaufene Raum ist daher $= 1$. Im zweiten Zeittheilchen erhält er durch fortgesetzte Wirkung der Anziehung noch eine gleiche Geschwindigkeit, so dass er 2 Räume durchläuft, und indem er ausserdem in der im ersten Zeittheilchen erhaltenen Geschwindigkeit beharret, so durchläuft er hiernach noch einen Raum, zusammen also 3, und wenn man die Summe der in 2 Zeittheilchen durchlaufenen Räume nimmt, so giebt dieses 4. Setzt man dieses auf gleiche Weise fort, so erhält man folgende Grössen:

Digitized by Google

Zeit-theilchen.	Räume durch Anziehung.	Räume durch Beharrung.	Summe derselben.	Summe der ges. Raumtheilchen.
1 tes	1	0	1	1
2 „	2	1	3	4
3 „	3	2	5	9
4 „	4	3	7	16
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n tes	n	$n-1$	$2n-1$	n^2.

Hiernach ist also $S = t^2 g$.

Es ist oben §. 25. gezeigt, dass für eine Secunde die mittlere Geschwindigkeit eines fallenden Körpers $= 2g$ oder der doppelte Raum ist, welchen er in einer Secunde lothrecht herabfällt. Die Geschwindigkeit wächst aber mit der Zeit, oder $C = 2gt$, also $t = \frac{C}{2g}$. Weil aber $S = t^2 g$, so ist $t = \sqrt{\frac{S}{g}}$ also aus beiden: $\frac{C}{2g} = \sqrt{\frac{S}{g}}$ und $C = 2\sqrt{gS}$ und $S = \frac{C^2}{4g}$. Der Zahlenwerth der Grösse g, nämlich 15, 13 par. Fuss, ist durch viele Versuche gefunden, in denen die Höhen gemessen wurden, von welchen Körper in verschiedenen Zeiten herabfielen; am leichtesten und schärfsten wird dieselbe aus der Länge des Secundenpendels abgeleitet (§. 33.).

§. 29. Die Schwere, als unmittelbare Folge der Anziehung durch die Erde muss abnehmen, so wie die Quadrate der Entfernung von der Oberfläche der Erde zunehmen.

Newton fand, dass die Anziehung der Materie allgemein der Masse derselben direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sey. Mann nennt dieses seitdem das Newtonsche Gravitationsgesetz. Nennt man daher den Halbmesser der Erde r, die Erhebung über die Oberfläche x, die Schwere im Niveau des Meeres p, in der Höhe x aber p', so ist $p' = p\frac{r^2}{(r+x)^2}$

Digitized by Google

oder den Halbmesser der Erde $r = 1$ gesetzt ist $p' = p \frac{1}{(1 + x)^2}$.

Die Oberfläche der Erde unter dem Aequator ist weiter vom Mittelpunkte derselben entfernt, als unter den Polen, und die Schwere ist dort daher geringer. Durch Rechnung hat man gefunden, dass ein Körper unter dem Aequator in der ersten Secunde 0,05 F. weniger, als unter dem Pole fallen würde. Beträgt demnach der Fallraum in einer Secunde unter dem Pole 15,13 par. Fuss, so beträgt er unter dem Aequator nur 15,08 par. Fuss. Diese Abnahme verschwindet nach den Polen hin, wie die Quadrate der Breitengrade zunehmen, oder ist = 0,05 (1 — *sin.*² *lat.*).

§. 30. Vermöge der Umdrehung der Erde um ihre Axe wirkt auf alle mit ihr verbundene Körper die Schwungkraft, und vermindert deren Schwere der ihnen ertheilten Geschwindigkeit proportional. Auch aus diesem Grunde muss daher die Schwere unter dem Aequator am kleinsten, unter den Polen aber am grössten seyn.

Dass alle Körper auf unserer Erde durch die Axendrehung der letzteren eine Schwungbewegung erhalten, ist an sich klar. Ist dann fig. 3 *AB* die Erdaxe, *EC* der Halbmesser des Aequators, so können wir uns vorstellen, dass z. B. die auf der Oberfläche der Erde an den Punkten *E*; 45°; 60°; ..... befindlichen Körper an den Enden der Linien *EC*; 45°*b*; 60°*c*; ..... befestigt um die Erdaxe geschwungen werden. Es sind aber in den rechtwinkelichen Dreiecken die Linien 45°*a*; 60°*β*; ..... die sinus, und 45°*b*; 60°*c* ..... die cosinus der Breite. Weil aber die Kreise sich verhalten wie die Radien, womit sie beschrieben sind, die Geschwindigkeiten aber wie die durchlaufenen Räume, oder hier die Kreise (§. 21), so muss die Schwungkraft sich verhalten wie das Quadrat der cosinus der Breite (§. 25). Nennt man also die Schwungkraft unter dem Aequator = *k'*, so ist sie für jeden andern Ort auf der Erde = *k'* cos.² lat.; sie ist also am

Digitized by Google

stärksten unter dem Aequator, und unter dem Pole = *o*. Die Schwungkraft unter dem Aequator, nach der Formel $k = \frac{v^2}{2gr}$ gesucht, beträgt $\frac{1}{289,9}$, die Schwere als Einheit angenommen. Es ist aber die Fallgeschwindigkeit unter dem Pole im Verhältniss der Schwungkraft zur Schwere genommen, oder 15,13 : 289,9 = 0,052 ..... und ein Körper fällt also unter dem Aequator 0,052 ..... par. Fuss, an jedem andern Orte der Erde unter einer beliebigen Breite aber 0,052 ..... cos.² lat. weniger, als unter dem Pole. Endlich ist cos.² lat. = (1 — sin.² lat.), mithin kann man auch setzen 0,052 ..... (1 — sin.² lat.). Wird also die Fallhöhe in einer Secunde, als Wirkung der Schwere, unter dem Pole = 15,13 F. angenommen, diese aber durch die Schwungkraft (§. 25.) um 0,052 F. und durch die Ellipticität um 0,05 F. unter dem Aequator verringert, so beträgt sie dort 15,028 F. Eine noch etwas genauere Bestimmung der Fallhöhe in einer Secunde geben die Pendelbeobachtungen.

§. 31. Die Schwere, als Wirkung der Anziehung durch die Erde, kann nie aufhören auf die Körper zu wirken, mögen dieselben ruhen oder bewegt werden. Im ersteren Falle werden sie daher mit ihrem ganzen Gewichte gegen die sie tragenden Körper drücken, im anderen dagegen mit beschleunigter Geschwindigkeit herabfallen, wenn gleich eine anderweitige Bewegung dieses Herabfallen hindert oder die Richtung ihres Fallens modificirt, wobei der Widerstand der Mittel, worin sie herabfallen, einstweilen unberücksichtigt bleibt.

Die Annahme, dass ein Körper aufhöre vermöge seiner Schwere das Bestreben zu äussern, in lothrechter Richtung herabzufallen, würde zu der Voraussetzung führen, dass die Wirkung der Anziehung durch die Erde jemals aufhören könnte, welches einen Widerspruch in sich schliesst. Ein jeder nicht unterstützter Körper wird daher allezeit nach den nämlichen Gesetzen mit beschleunigter Geschwindigkeit fallen, welches auch immer

Digitized by Google

seine anderweitige Bewegung seyn mag. Die wichtigsten Anwendungen hiervon sind:

1) Wenn ein Körper lothrecht in die Höhe geworfen wird, so muss er von dem nach dem Gesetze der Trägheit mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit zurückzulegenden Raume so viel verlieren, als er frei fallend herabgefallen seyn würde. Wäre er z. B. mit einer Geschwindigkeit von 100 Fuss in einer Secunde lothrecht in die Höhe geworfen, so würde er (den Widerstand der Luft nicht mitgerechnet) in der ersten Secunde $100 - 15 = 85$ F.; in der zweiten $100 - 3 \times 15 = 55$ F., u. s. w. steigen (§. 28). Hiernach wird sein Aufsteigen zuletzt $= 0$ werden, dann wird er mit beschleunigter Geschwindigkeit wieder herabfallen, im Ganzen also die doppelte Zeit des Fallens gebrauchen, und mit gleicher Geschwindigkeit unten wieder ankommen, als mit welcher er anfangs geworfen wurde.

2) Wenn er in horizontaler Richtung mit was immer für einer Geschwindigkeit geworfen ist, so wird er, der letzteren ungeachtet, eben so tief herabfallen, als ein frei fallender Körper, folglich in der nämlichen Zeit als der letztere auf einer vollkommen horizontalen Ebene ankommen. Eine horizontal geschossene Kugel wird daher, wenn sie $\frac{1}{2}$ Secunde gebraucht, um die Scheibe zu erreichen, $\frac{1}{2^2} g$ oder $\frac{1}{4} \times 15{,}13$ F. herabsinken. Die Bahn, welche er beschreibt, ist die apollonische Parabel fig. 4, indem *AI.*; *AII.*; ..... die in gleichen Zeiten zurückgelegten horizontalen Räume, *A1*; *A2*; *A3*; ..... aber die den Quadraten dieser Zeiten proportionalen Fallräume bezeichnen.

3) Auf gleiche Weise wird ein in einem beliebigen Winkel mit der Horizontalebene geworfener Körper eben so viel, als jener, lothrecht herabfallen, also wie der freifallende im 1ten Zeittheilchen 1; im 2ten Zeittheilchen 3 Räume, und so fort nach der Reihe der ungeraden Zahlen 1; 3; 5; 7; 9 ..... durchlaufen und nach der Zeit t wird er sich um den Raum $t^2 g$ unter demjeni-

Digitized by Google

gen Orte befinden, wohin er bei fortgesetzter geradliniger Bewegung gelangt seyn würde. Hierbei bildet seine Bahn die beiden gleichen Schenkel einer Parabel. Fig. 5 zeigt seine Bahn und in α; β; δ; ..... die Orte, von welchen er in jedem folgenden Zeittheilchen herabgefallen gedacht werden kann.

Hierauf beruhet die Theorie der Wurfwaffen, oder die Ballistik. Indess ist wohl zu berücksichtigen, dass alle diese angegebenen Gesetze bloss für die Bewegung im leeren, also widerstandlosen, Raume gelten. Den Widerstand der Luft mitzuberechnen gehört zu den schwersten, noch nicht gelösten, geometrischen Problemen.

§. 32. Wenn ein Körper auf einer gegen den Horizont geneigten, oder schiefen Ebene herabfällt, so wird er durch diese nur zum Theil unterstützt, und muss daher herabfallen, aber nicht mit seinem ganzen Gewichte.

Es sey fig. 6 *AB* eine horizontale Ebene, *CB* die geneigte Ebene, *ABC* der Neigungswinkel $= v$, so ist für die auf ihr herabrollende Kugel *cb* die lothrechte oder Fall-Linie, welche als eine Diagonale in *ce* und *ca* zerlegt werden kann. Die erstere, welche auf die Ebene *CB* senkrecht ist, wird durch den Widerstand derselben $= o$, und es bleibt daher nur *ca* als das Maass der Kraft, womit die Kugel herabfällt. Es ist aber *ca*, oder der Theil der Kraft, womit die Kugel zu fallen strebt, zu *cb*, wonach sie frei fallen würde, wie im ähnlichen Dreiecke $CA : CB$, oder wie die Höhe der geneigten Ebene zu ihrer Länge, und da $CA : CB = sin.\ v. : rad.$, so wird die Kugel mit einer Kraft zu fallen streben, welche ihrem wirklichen Gewichte multiplicirt mit dem Sinus des Neigungswinkels gleich ist, oder $p' = p.\ sin.\ v.$

Es folgt hieraus, dass man das Gewicht einer Last, welche bergan, oder auf der geneigten Ebene, bewegt werden soll, nicht ganz zu überwinden nöthig hat. Heisst das wirkliche Gewicht der Last p; das zu überwindende p', so ist $p' = p.\ sin.\ v$, wenn der Zug der Oberfläche

Digitized by Google

der Ebene parallel ist, und $p' = p.\ tang.\ v$, wenn er der Basis parallel ist.

§. 33. Die geneigte Ebene ist eine sehr wichtige mechanische Potenz, welche nebst dem Hebel dem gesammten Maschinenwesen zum Grunde liegt, und daher in zahlreichen Anwendungen vorkommt.

Mechanische Potenz heisst sie, weil vermittelst derselben verschiedene Verhältnisse der bewegenden Kraft zu der bewegten Last erreichbar sind. Zunächst kommt dieselbe in Anwendung beim Keile und der Schraube. Der Keil lässt sich ansehen als aus zwei mit ihren Grundflächen auf einander liegenden geneigten Ebenen bestehend, welche gegen die Last bewegt werden. Seine Wirksamkeit ist daher so viel grösser, je geringer seine Dicke im Verhältniss zu seiner Länge ist. Die Schraube kann betrachtet werden als eine um einen Cylinder gewundene geneigte Ebene. Ihre Kraft wächst, je näher die Schraubengänge einander sind, und je grösser der Durchmesser der Schraubenspindel ist.

§. 34. Auch die Pendelschwingungen lassen sich einfach unter die Fallgesetze der Körper auf der geneigten Ebene bringen.

Fället man in fig. 6 auf CB die senkrechte Linie AD, so erhält man ein kleineres, dem grösseren ähnliches Dreieck, worin $CD : CA = CA : CB$. Es wird also ein Körper in derselben Zeit das Stück CD der geneigten Ebene durchlaufen, in welcher er von C nach A lothrecht herabfällt. Denkt man sich die Figur umgekehrt, so erhält man fig. 7 in ADC eine geneigte Ebene, bei welcher die Linie CD auf AD perpendiculär ist, und es würde also ein Körper in eben der Zeit auf der Chorde DC herabfallen, in welcher er durch AC lothrecht herabfällt. Bindet man einen schweren Körper an den dünnen Faden eD, hebt ihn in die Lage D, und lässt ihn fallen, so wird er den Bogen DC durchlaufen, welcher von der Chorde um so weniger verschieden ist, je kleiner beide

Digitized by Google

sind. Der Körper wird dann nach dem Gesetze der Trägheit bis E aufsteigen, und von hier aufs Neue einen einfachen Schwung bis D machen, u. s. w. Ist dann $eC = \frac{1}{4}AC$ die Länge des Pendels $= L$; die Zeit, in welcher die halbe Schwingung DC vollbracht wird, $= t$, so muss nach den Fallgesetzen $t^2 g = 2L$ oder $t = \sqrt{\frac{2L}{g}}$, also für die einfache Schwingung von D bis E die Zeit $t = 2\sqrt{\frac{2L}{g}}$ seyn.

Indem also die Schwingungszeiten des Pendels durch das unabänderliche Gesetz der Schwere bestimmt werden, so darf man ein Pendel nur mit einer Maschine verbinden, welche dem Pendel jederzeit einen kleinen Impuls giebt, um dasjenige zu ersetzen, was seiner Bewegung durch die Reibung und den Widerstand der Luft genommen wird, damit es nicht stillsteht, und welche zugleich die Schwingungen mechanisch zählt, um eine Uhr zu erhalten, bei welcher also das genaue Zeitmaass durch die Pendelschwingungen gegeben ist. Diesemnach muss aber die Länge des Pendels, L, stets unveränderlich seyn, und man macht die Pendelstangen daher am besten von gedörrtem, mit Oel getränkten und dann überfirnissten Holze, oder aus verschiedenen Metallstangen, von denen die eine die Ausdehnungen oder Zusammenziehungen der andern ersetzt. Die letzteren heissen Compensationspendel, oder wegen ihrer rostförmigen Gestalt auch Rostpendel.

Die Pendel der Standuhren bestehen aus einer schweren Linse an einer Stange, und schwingen in einer lothrechten Ebene; die konischen Pendel der Tertienuhren schwingen im Kreise über einer horizontalen Ebene; bei Sackuhren schwingt ein Ring (die Unruhe) um sein Centrum; auch kommen diese drei Arten von Pendeln bei einigen Maschinen in Anwendung. Die Länge des einfachen Secundenpendels beträgt für den 45sten Grad der Breite 440,43 par. Linien. Nach dem Aequator hin werden sie wegen abnehmender Schwere kürzer, nach dem

Digitized by Google

Pole hin länger. Indem ferner in der oben gegebenen Formel für die Pendelschwingungen, nämlich $t = \pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$ alle Grössen unter gleichen Breiten gleich bleiben, so wird für Pendel, welche in andern Zeiten als in Secunden schwingen sollen, $t : t' = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$ oder $t^2 : t'^2 = L : L'$. Nimmt man das Secundenpendel als Einheit, so muss man die Zeit quadriren, um ein Pendel für sie zu erhalten. Sonach ist ein Pendel für halbe Secunden $= \frac{1}{2^2} \times 440{,}43$, für Minuten aber $60^2 \times 440{,}43$ Lin. Man kann also alle möglichen Zeiteintheilungen durch das Pendel erhalten. Hierauf gründet sich das *Metronom* oder der musikalische Taktmesser, welcher am einfachsten aus einer metallenen Kugel an einem Faden bestehen könnte, dessen Länge für jedes Tonstück von dem Componisten angegeben wird, um durch die Schwingungen dieses Pendels die Zeitdauer eines Taktes zu bestimmen.

Aus der Formel folgt weiter, dass, wenn t und L bekannt sind, man g, oder den freien Fall eines Körpers in einer Secunde finden kann. Hieraus ist für den 45sten Grad der Breite $g = 15{,}09328$ par. F. gefunden, wofür man 15,1, oder wegen des Widerstandes der Luft 15 F. nehmen kann.

Weil endlich dieses merkwürdige Werkzeug die Wirkung der Schwere völlig genau ausdrückt, so muss man durch dasselbe diese letztere an den verschiedenen Orten der Erde finden, und hiernach die Gestalt und örtliche Dichtigkeit derselben bestimmen können.

§. 35. Bei der Untersuchung der Bewegungsgesetze fester Körper denkt man sich die ganze Schwere derselben in einem Punkte vereinigt, und nennt diesen den Schwerpunkt. Diejenige Linie, welche dieser Punkt beim freien Falle der Körper beschreibt, heisst die Fall-Linie, und ein Körper wird dann nicht fallen können, wenn diese (lothrechte) Linie auf eine feste Ebene perpendiculär gerichtet ist.

Digitized by Google

Bei vielen Körpern wird der Schwerpunkt leicht gefunden, z. B. bei der Kugel, der Scheibe, dem Parallelopipedon u. a.; bei andern ist das Auffinden desselben schwierig.

Ein Körper ruhet so lange, als eine durch seinen Schwerpunkt gehende lothrechte Linie auf einen Punkt seiner Unterstützung trifft, fällt aber, sobald jene über diesen hinausgeht, es sey denn, dass er sich in steter rotirender Bewegung befinde. Die Unterstützung ist so viel vollkommener, je grösser die unterstützende Ebene ist. Fällt der Schwerpunkt unter den Unterstützungspunkt, so ist das Fallen unmöglich.

§. 36. Ist ein beweglicher fester Körper in irgend einem Punkte so ruhend oder befestigt, dass seine Theile sich um denselben bewegen können, so geschieht diese Bewegung nach den Gesetzen des Hebels, bei welchem der Unterstützungspunkt (*Hypomochlium*), die Hebelarme und die bewegten Lasten unterschieden werden. Das allgemeine Gesetz des Hebels ist, dass die Lasten sich umgekehrt verhalten, wie die Längen der Hebelarme. Bezeichnen also P und p die Lasten, L und l die Längen der Hebelarme, so ist das Gleichgewicht hergestellt, wenn $pL = Pl$.

Einen mathematischen Hebel nennt man eine nicht schwere unbiegsame Linie, welche um einen Punkt durch gewisse auf ihre Enden wirkende Kräfte beweglich ist. Beim physischen, aus einer an sich schon schweren Stange gebildeten, Hebel wird das Gewicht jedes Armes im Schwerpunkte desselben befindlich angenommen, und der bewegenden Last mit Rücksicht auf die Entfernung vom Hypomochlium hinzuaddirt, wonach $pL + \pi\lambda = Pl + \pi\lambda$.

Man unterscheidet drei Arten von Hebeln; den Hebel der ersten Art, bei welchem die Unterstützung zwischen den beiden Lasten liegt, den Hebel der zweiten Art, welcher am einen Ende unterstützt ist, am andern gehoben wird, und wobei die Last zwischen diesen beiden Punkten liegt, und den Hebel der dritten Art, wel-

Digitized by Google

cher am einen Ende unterstützt ist, am andern herabgezogen wird, und die zwischen diesen beiden Punkten aufwärts ziehende Last herabdrückt.

Das Gesetz des Hebels wird am leichtesten anschaulich durch fig. 8. Sind nämlich $AH = HB$ die beiden gleichen Arme des mathematischen Hebels, welcher in H unterstützt ist, und bezeichnen α, β, γ, a, b, c, d, e, gleiche Lasten in gleichen Entfernungen vom Hypomochlium, so muss der Hebel im Gleichgewicht seyn, weil kein Grund vorhanden ist, warum der eine oder der andere Hebelarm herabsinken sollte. Werden dann die Lasten a, β und γ in s, die Lasten a, b, c, d und e aber in S vereinigt, so muss dieses Gleichgewicht fortdauern. Vergleicht man aber die Entfernungen des s und S vom Hypomochlion H, so sind sie $= 5$ und 3. Es sind aber die Lasten in $S = 5$ in $s = 3$, also ist $5 \times 3 = 3 \times 5$ oder $pL = Pl$.

Wichtig ist ein Gesetz, welches durch fig. 9 anschaulich wird. Sind die ungleichen Hebelarme ac, cb durch die ungleichen Lasten P und p im Gleichgewichte, und werden sie in die Lage $a\beta$ gebracht, so verhält sich $aa : ac = b\beta : bc$, oder die durchlaufenen Räume verhalten sich wie die Längen der Hebelarme. Es sind aber diese letzteren den zu bewegenden Lasten umgekehrt proportional, und man kann daher mit einer kleinen Last eine beliebige grössere bewegen, jedoch muss die kleinere einen im gleichen Verhältnisse grösseren Raum durchlaufen.

Bildet der eine Hebelarm mit dem andern einen Winkel bei parallel wirkenden Lasten, oder wirken die letzteren schief auf den geradlinigen Hebel, so kann man diese Richtungen stets als die Diagonale zweier Kräfte ansehen, deren eine verschwindet, und es ist daher in fig. 10 das Gleichgewicht wieder hergestellt, wenn man die corrigirte Länge des Winkelhebels $l' = l. \sin. v$ nimmt; in fig. 11 aber wenn $L. \sin. v. p = l. \sin. w. p'$ ist.

§. 37. Die Gesetze des Hebels kommen bei dem gesammten Maschinenwesen in Anwendung, wobei Hebel und

Digitized by Google

geneigte Ebene Fundamentalmaschinen sind. Am nächsten kommen dieselben in Betrachtung beim Hebebaume, der Rolle, dem Rade an der Welle, dem Flaschenzuge, der Waage, dem Rade und Getriebe, dem Tretrade und der Tretscheibe, und ausser den eigentlichen Maschinen noch bei der Schere, der Sense, dem Spaten, dem Schubkarren, so wie endlich bei dem Gliederbaue lebender Wesen.

Die Heblade hebt nur zu geringen Höhen, aber mit häufiger Wiederholung. Die Rolle, welche entweder eine bewegliche oder eine unbewegliche ist, erfordert im letzteren Falle eine der Last gleiche Kraft, und ist daher keine mechanische Potenz, macht aber die Bewegung bequem. Die Welle am Rade (Winde) vermindert die anzuwendende Kraft so oft, als ihr Halbmesser im Halbmesser des Rades enthalten ist. Bei den gemeinen Flaschenzügen ist die erforderliche Kraft gleich der Last dividirt durch die Zahl der Seile, woran die Last hängt, beim Potenzflaschenzuge aber der Last multiplicirt mit $\frac{1}{2}$ auf der Potenz der Zahl der Rollen, mit Ausschluss der letzten, welche meistens unbeweglich ist, und zunächst zur Bequemlichkeit des Herabziehens dient. Die Güte einer Waage erfordert, dass sie 1) richtig sey, wie man durch Verwechseln der Gewichte finden kann, 2) dass sie empfindlich sey. Letzteres ist sie um so mehr, je näher der Unterstützungspunkt dem Schwerpunkte liegt, je geringer das Gewicht des Waagebalkens ist und je länger die Arme sind. Die Räder sind Sternräder (Stirnräder) oder Kronräder, und ihre Erhabenheiten greifen in die Vertiefungen der Triebstöcke, Trillinge oder Getriebe ein. Man kann sich beide daher als zwei Scheiben vorstellen, welche sich an einander umwälzen, und indem hierbei gleiche Theile der Peripherieen mit einander in Berührung kommen, diese sich aber wie die Radien verhalten, und die Erhabenheiten und Vertiefungen gleich seyn müssen, so lässt sich hiernach die Berechnung leicht finden. Alle diese Maschinen gehören zum Hebel der ersten Art.

Digitized by Google

§. 38. Bei den angegebenen Bewegungsgesetzen wurden der grösseren Schärfe wegen die aus der physischen Beschaffenheit der Körper entspringenden Hindernisse der Bewegung nicht mit berücksichtigt. Die wesentlichsten derselben sind Steifheit der Seile, Reibung und Widerstand der Mittel.

Am wichtigsten ist die Reibung, worüber es kein bestimmtes allgemeines Gesetz giebt. Im Allgemeinen ist sie indess der Rauheit der Körper, desgleichen nicht den Flächen, sondern den Lasten proportional, und wird bei gewöhnlicher Rauhheit der Körper im Mittel dem dritten Theile des Gewichtes gleich angenommen. Für geringe Lasten ist die Reibung bei den härtesten Körpern am geringsten, für grössere bei harten auf weichen. Man vermindert sie durch ein glattes Zwischenmittel (Schmiere) und hebt sie auf, wenn man die Körper sich über einander hinwälzen lässt, wesswegen so grosse Lasten auf Walzen oder Kugeln bewegt werden können. Bei der Bewegung der Lasten auf der horizontalen Ebene ist bloss die Reibung zu überwinden. Vergl. §. 34.

Als Widerstand leistende Mittel (*media*, worin sich die Körper bewegen) sind die Luft und das Wasser zu berücksichtigen, erstere hauptsächlich bei den Erscheinungen des Falles und den Wurfbewegungen der Geschützkugeln, letzteres beim Schlagen und Fallen der Körper auf dasselbe. Wie gross der Widerstand der Luft sey, ersieht man bei Bewegungen im luftleeren Raume, z. B. des Wassers im Wasserhammer, und dem berühmten Versuche, dass ein Dukaten und eine Flaumfeder in gleichen Zeiten von gleichen Höhen herabfallen.

III. Bewegungsgesetze tropfbarer Flüssigkeiten.

§. 39. Tropfbare Flüssigkeiten nehmen in der Ruhe die Form der Gefässe an, und erhalten in offenen eine ebene horizontale Oberfläche.

Meerhorizont; künstliche Horizonte; Libellen.

Digitized by Google

§. 40. In communicirenden Röhren von jedweder Gestalt stehen gleichartige Flüssigkeiten gleich hoch, bei ungleichartigen ist die Höhe in jedem Schenkel dem specif. Gewichte der Flüssigkeit umgekehrt proportional. Jede einzeln genommene Säule einer Flüssigkeit übt einen Druck aus, welcher ihrer Grundfläche und ihrer lothrechten Höhe proportional ist.

In fig. 12 übt die Wassersäule *cab* einen gleichen Druck gegen *ab* aus, als die Wassersäule *dabe*, und in fig. 13 drückt die Wassersäule *cab* gleich stark gegen *ab*, als die Wassersäule *cdef* gegen *de*, wenn $de = ab$ und $cd = cg - \frac{1}{2}ab$ ist. Man kann also mit wenigem Wasser einen starken Druck hervorbringen. Anwendungen hiervon geben der Druck des Wassers gegen die Brust, gegen Schleusen und Dämme, das Zerdrücktwerden der stärksten verkorkten Flaschen in der Tiefe des Meeres, *s'Gravesande's follis hydrostaticus*, die *Real'sche* Extractionspresse, die *Brahma'sche* (sogenannte hydraulische) Presse u. dgl. m.

§. 41. Wenn ein Schenkel communicirender Röhren abgeschnitten wird, so müsste das Wasser aus dem abgeschnittenen Ende so hoch springen, als es im andern steht. Wegen verschiedener Hindernisse erreicht der Wasserstrahl diese Höhe nicht.

Anwendung auf Springbrunnen aus Röhren, welche von der Höhe herabgeführt werden.

§. 42. In einer ruhenden Flüssigkeit ist jede einzeln gedachte Masse derselben wegen des Gegendruckes der umgebenden Flüssigkeit in Ruhe, und wird also mit ihrem ganzen Gewichte getragen. Indem aber eine jede Flüssigkeit gegen jeden andern Körper einen gleichen Druck ausübt, so folgt hieraus:

1) dass ungleich schwere nicht mischbare Flüssigkeiten nach ihrem spec. Gewichte über einander stehen,

Digitized by Google

2) dass ein jeder Körper in einer Flüssigkeit so viel von seinem Gewichte verliert, als ein dem seinigen gleich grosses Volumen derselben wiegt.

Zu 1 gehört das Elementenglas aus Quecksilber oder feinem, ganz rein gewaschenen Sande, Weinsteinöl, Weingeist und rectificirtem Petroleum; das *passevin* oder die Verwandlung des Wassers in Wein.

Zu 2 gehören die Gesetze des statischen Schwimmens der Schiffe, des Holzes, der Menschen und Thiere, desgleichen die Bestimmung des spec. Gewichts der Körper.

§. 43. Bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper nimmt man das reine Wasser als Einheit an, drückt das Gewicht eines gewissen Volumens desselben durch 1 oder durch 1000 aus, und findet das specifische Gewicht eines gegebenen Körpers, wenn man das absolute Gewicht eines gleichen Volumens desselben durch das absolute des Wassers dividirt. Als Werkzeuge hierzu dienen die hydrostatische Waage und die zahlreichen Aräometer mit festen Skalen oder veränderlichen Gewichten.

Zum gemeinen Gebrauche bedient man sich der Alkoholometer, der Branteweinwaagen, der Bierwaagen (oder Bierproben), der Salzspindeln u. dgl. m. Vorzüglich ist bei Flüssigkeiten auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen, weil ihr Volumen durch Wärme beträchtlich grösser wird. Um das spec. Gewicht einer Flüssigkeit zu finden, senkt man bei bestimmter Temperatur ein richtiges Aräometer in dieselbe, und lieset das spec. Gewicht auf der Skale ab. Ist hierbei für Aräometer mit festen Skalen, also gleichbleibendem absoluten Gewichte, das in Wasser einsinkende Volumen desselben v; das in einer gegebenen Flüssigkeit einsinkende v'; das spec. Gewicht von jenem p; von dieser p', so ist $p : p' = v' : v$, oder die Flüssigkeit ist so viel specifisch leichter, je tiefer das Aräometer einsinkt; für Aräometer mit veränderlichen Gewichten (Gravimeter), bei welchen das absolute Gewicht des Aräometers für Wasser P, für eine andere Flüssigkeit P' wird, ist $p : p' = P : P'$; also

Digitized by Google

das spec. Gewicht dem absoluten direct proportional. Oder man bringt einen geeigneten Glaskörper an einem Pferdehaare, oder besser an einem feinen Platindrahte an einer empfindlichen Waage hängend ins Gleichgewicht, senkt ihn in destillirtes Wasser und legt g Gewichte auf, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, nimmt ihn heraus, trocknet ihn ab, senkt ihn in die zu bestimmende Flüssigkeit, legt g' Gewichte auf, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, und findet das spec. Gewicht $p = \frac{g'}{g}$. Einen festen Körper wiegt man an einer Waagschaale hängend, und findet sein absolutes Gewicht g', senkt ihn ins Wasser und legt g Gewichte auf, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, so hat man $p = \frac{g'}{g}$.

§. 44. Für die Bestimmung der normalen Gewichte, desgleichen der Maasse für flüssige und halbflüssige Körper, bedient man sich gleichfalls des reinen Wassers.

Als Grundlage aller Maasse dienen die in den verschiedenen Ländern gültigen Längenmaasse, welche fast allgemein mit dem in Frankreich gesetzlich eingeführten Normalmaasse verglichen werden. Letzteres ist das Meter, der zehnmillionste Theil des Quadranten der Erde, dessen Länge 443,296 par. Linien der bei der Gradmessung in Peru gebrauchten Toise beträgt. Dasselbe wird in Decimeter, Centimeter und Millimeter getheilt. Ein Cubikcentimeter reines Wasser bei 4° Cent. wiegt ein Gramm, die Normaleinheit des französischen Gewichtes, welches wieder in Decigramme, Centigramme und Milligramme abgetheilt wird. Tausend Gramme oder ein Kilogramm wiegt 2 ℔. 5 gros 35 grains altfranzös. Gewicht. Nach der Oesterreichischen gesetzlichen Bestimmung beträgt die Wiener Klafter 1896,614 Millim., die Wiener Mark 280644 Millig., ein Pfund Apothekergewicht von 12 Unzen oder 24 Lt. Handelsgewicht 420009 Millig. Der Preussische oder rheinländische Fuss beträgt 139,13 par. Linien; ein Cubikzoll Regenwasser aber wiegt 288,21

Digitized by Google

Gran medicinal Gewicht. Der Würtembergische Fuss misst 127 par. Lin. und ein Cubikfuss Regenwasser bei 11° Reaum. Temperatur wiegt 59 Pf. 6 Lt. o qt. 10 gr. Kölnisch. Im Darmstädtischen und Badischen beträgt die Elle 0,6 Meter, und das Pfund 0,5 Kilogramm.

Zur Bestimmung des absoluten Gewichtes eines gewissen Volumens Wassers verfertigt man mit grösster Genauigkeit einen Körper, meistens einen Würfel oder Cylinder von bestimmter Grösse, bringt diesen an einer feinen Waage ins Gleichgewicht, senkt ihn bei der erforderlichen Temperatur ins Wasser, und legt Gewichte bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichts in die Waagschaale, so geben die letzteren das Gewicht des aus der Stelle verdrängten Volumens Wasser. Vermittelst eines durch das Gewicht gegebenen Volumens Wasser wird dann der Inhalt der Normalmaasse für flüssige und trockne Substanzen bestimmt.

§. 45 Vermittelst des specifischen Gewichtes findet man die Reinheit der Körper und den Gehalt der Auflösungen.

Archimedische Wasserprobe; Prüfung der Münzen; Bestimmung des Gehaltes der Salzsoolen u. s. w.

§. 46. Ist der Druck, welchen eine Flüssigkeit gegen die Wände der Gefässe ausübt, durch eine Oeffnung aufgehoben, so wird das Gefäss nach der entgegengesetzten Seite mit einer Kraft gedrückt, welche dem Gewichte einer Säule der Flüssigkeit von der Basis der Oeffnung und der Höhe bis zum Niveau gleich ist.

Segners Wasserrad. Barkers Mühle ohne Rad und Trilling. Ist fig. 14 *abcd* ein Cylinder von Blech mit zwei Armen *e, f,* an deren Enden Löcher einander gegenüber sind, so treibt das aus diesen fliessende Wasser die Arme mit der Kraft einer Wassersäule von der doppelten Höhe *ne,* oder *nf,* und der Basis, wie die Fläche der Oeffnungen, nach der entgegengesetzten Seite. Aehn

Digitized by Google

liche Wirkungen sind das Stossen der Geschütze, das Steigen der Raketen u. s. w.

§. 47. Bei der Bewegung der Flüssigkeiten findet zwar das Hinderniss der Reibung nicht statt, wohl aber das der Adhäsion. Die bewegten Flüssigkeiten setzen andere Körper mit einer so viel grösseren Kraft in Bewegung, je grösser ihre Masse und Geschwindigkeit ist.

Aus gleich weiten Röhren fliessen ungleiche Wassermengen ab, wenn der lothrechte Druck des Wassers stärker und daher die Geschwindigkeit der Bewegung grösser ist. Letztere wird durch das §. 28 erläuterte Fallgesetz bestimmt, wonach $c = 2\sqrt{gs}$ ist. Wird hierin statt des Raumes $= s$ die Höhe bis zum Wasserspiegel $= h$ gesetzt, und ist a der Flächeninhalt der Abflussöffnung, so findet man die Menge des in einer Secunde abfliessenden Wassers durch die Formel: $M = 2a\sqrt{gh}$. Bei Mühlen wirkt das Wasser entweder durch sein Gewicht (oberschlächtige Räder) oder durch die Kraft seiner Bewegung (unterschlächtige Räder).

IV. Bewegungsgesetze schwerer expansibeler Flüssigkeiten.

§. 48. Die Erde ist von der atmosphärischen Luft umgeben, welche vermöge ihrer Schwere überall gegen sie drückt. Die Erscheinungen derselben, als schwerer ruhender Flüssigkeit, gehören zur Aërostatik, als bewegter, zur Pneumatik.

1) Aërostatik.

§. 49. Der Druck der Luft gegen alle Körper ist sehr stark; man nimmt ihn jedoch bei den gewöhnlichen Erscheinungen deswegen nicht wahr, weil die Körper in ihr gleichsam schwimmen, wie die Fische im Wasser.

Der Druck der Luft hindert das Auslaufen der Flüssigkeiten aus Gläsern mit enger Oeffnung, aus Fässern bei verschlossenem Spundloch. Er zeigt sich ferner beim

Digitized by Google

Stechheber, den Oellampen, namentlich den mit gläsernen Gefässen, dem Zaubertrichter, Sturms intermittirendem Brunnen, dem Siebe der Vestalinnen, der Zauberkanne u. s. w. Man lernte ihn zuerst kennen durch *Evangelista Torricelli*, welcher 1643 gläserne, oben verschlossene, Röhren mit Quecksilber füllte, die Mündung unter Quecksilber öffnete, und das Nichtauslaufen aus dem Gegendrucke der Luft erklärte.

§. 50. Die Luftpumpe besteht im Allgemeinen aus einem metallenen Stiefel, in welchem ein Embolus an einer Stange bewegt wird. Beim Aufziehen des luftdicht bewegten Embolus wird der Stiefel luftleer, die unter der Campane befindliche Luft dringt in denselben, bis zur gleichmässigen Vertheilung; dem im Stiefel befindlichen Antheile wird durch einen Hahn oder ein Ventil der Rückgang abgeschnitten, er selbst wird fortgeschafft, und somit die Luft fortwährend verdünnt. Hieraus ergiebt sich, dass das Guerickesche Vacuum unter der Campane nie ein absolutes oder Torricellisches werden kann. Bei den Compressionspumpen presst man vermittelst eines genau schliessenden Embolus die im Stiefel befindliche Luft in das Gefäss, und kann sie hierin daher bis ins Unendliche verdichten.

Die Luftpumpe wurde durch *Otto v. Guericke* 1654 erfunden, und nachher vielfach verbessert. Man hat gegenwärtig Hahnluftpumpen und Ventilluftpumpen. Die Ventile der letzteren sind entweder Blasenventile (von Thierblase oder feinem Wachstaffent) oder Metallventile (vorzüglich *Cuthbertson's* Kegelventile). Die Verdünnung durch dieselben bestimmt man nach dem Barometer, vorzüglich dem Heberbarometer.

§. 51. Die Stärke des Luftdruckes wird sichtbar, sobald Gefässe luftleer gemacht sind, hierdurch der Gegendruck gegen die entgegengesetzte Seite aufhört, und nur ein einseitiger Druck stattfindet.

Der Druck der atmosphärischen Luft, welchen man den Druck einer Atmosphäre nennt, ist dem Drucke einer

Digitized by Google

Quecksilbersäule von der Höhe des Barometers gleich, und wächst daher mit der Fläche. Hiernach lässt sich die Gewalt berechnen, wodurch die Guericke'schen Halbkugeln zusammengehalten, und eine Glasscheibe oder Thierblase über einem hohlen Cylinder zerdrückt werden. Wasser springt in ein luftleeres Gefäss, als würde es durch eine Wassersäule von sehr nahe 32 Par. Fuss Höhe gedrückt. Der Luftdruck ändert sich mit dem Barometerstande. Wird letzterer im Mittel zu 28 Par. Zoll oder $2\frac{1}{3}$ Fuss angenommen, so gleicht der Luftdruck dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der gegebenen Grundfläche und $2\frac{1}{3}$ F. Höhe. Das Gewicht von einem Pariser Cubikfuss Wasser beträgt sehr nahe an 73 ℔ Kölnisch und das specifische Gewicht des Quecksilbers 13,6; mithin beträgt der Luftdruck gegen einen Pariser Quadratfuss Fläche $73 \times 13{,}6 \times 2\frac{1}{3} = 2316{,}53$ ℔., gegen einen Quadratzoll 16,08..... gegen einen rheinländischen Quadratzoll 15,01..... ℔ Kölnisch. Rechnet man die Oberfläche des menschlichen Körpers zu 15 Pariser Quadratfuss, so beträgt der Druck dagegen 34748 ℔, und das Fallen oder Steigen des Barometers um 1 Zoll verändert daher diesen Druck um 1241 ℔.

Da in communicirenden Röhren gleich hohe Säulen der Flüssigkeiten einander im Gleichgewichte erhalten §. 40., so wird dieses auch der Fall seyn, wenn man dieselben umkehrt. Ist dann aber eine der beiden Säulen höher, so wird diese mit ihrem Uebergewichte herabsinken und die andere nach sich ziehen, so lange ihre Höhe nicht grösser ist, als bis zu welcher der Luftdruck sie zu heben vermag. Auf diese Weise entsteht ein Heber, dessen lothrechte Höhe vom Spiegel der Flüssigkeit an gerechnet also nicht grösser seyn darf, als in einem aus dieser Flüssigkeit verfertigten Barometer. Im luftleeren Raume kann daher kein Heber fliessen. Bemerkenswerthe Abänderungen des gemeinen Hebers sind der Springheber, der künstliche Tantalus und der unterbrochene Heber.

Digitized by Google

§. 52. Die atmosphärische Luft ist, so weit als unsere Versuche reichen, dem Mariotte'schen Gesetze unterworfen, d. h. das Gewicht und die Elasticität derselben sind der zusammendrückenden Kraft direct, der Raum aber, welchen sie einnimmt, ist dieser umgekehrt proportional.

Mariotte fand dieses Gesetz auf, indem er Luft in heberförmigen Röhren durch Quecksilbersäulen von verschiedener Höhe zusammendrückte. *Robert Boyle* stellte schon früher ähnliche Versuche an. Beide erhielten gleiche Resultate.

§. 53. Die Luft muss sich selbst vermöge ihrer Schwere zusammendrücken. Ihren verschiedenen Druck sowohl im Niveau des Meeres als auch in ungleichen Höhen über demselben zeigt das Barometer, womit sich zugleich diese Höhe messen lässt.

Das Barometer, so verschieden auch seine Gestalt seyn mag, besteht aus einer in eine Glasröhre eingeschlossenen Quecksilbersäule, welche durch den Gegendruck der Luft getragen wird, und sonach kommt ihm der Name *Schweremesser* ganz eigentlich zu. Da man den Druck der Luft nach der Länge der Quecksilbersäule bestimmt, so kann bei dieser nur ein bekanntes Längenmaass, also am besten metrisches, oder Zolle und Linien, angebracht werden, und da sich das Wetter nicht nach dem Luftdrucke unmittelbar richtet, so sind die Bezeichnungen mit beständig, schön und schlecht Wetter falsch.

Je höher man sich mit dem Barometer erhebt, um desto kürzer wird die Höhe der drückenden Luft, folglich auch der Quecksilbersäule im Barometer, und wenn man das Gesetz kennt, wonach jener Luftdruck mit zunehmender Höhe abnimmt, so kann man hiernach die letztere aus dem Barometerstande berechnen. Der Druck der Luft vom Spiegel des Meeres bis an ihre Grenze ist nämlich im Mittel einer Quecksilbersäule von 28 Par. Zoll gleich, und da das spec. Gewicht des Quecksilbers gegen Luft, beide bei 0° Grad Cent. = 10466,8 : 1 ist,

Digitized by Google

so wäre hiernach die Luft $28 \times 10466{,}8$ Zoll oder 24488,3 Fuss hoch. Theilt man sie in 2800 Schichten, so würde das Barometer um 0,01 Z. sinken, wenn man sich um $\frac{24488{,}3}{2800} = 8{,}748$ F. erhebt. Weil aber nach dem Mariotte'schen Gesetze die Höhen dieser Schichten dem Drucke, welchen die folgenden gegen sie ausüben, umgekehrt proportional sind, so muss die nächstfolgende $\frac{24488{,}3}{2799} = 8{,}748$, die dann folgende $\frac{24488{,}3}{2798} = 8{,}752$ F. hoch seyn u. s. w. Summirt man alle diese Höhen, jede folgende zur Summe der vorhergehenden, und setzt die zugehörigen Barometerstände daneben, so darf man nur die zwei Barometerständen zugehörigen Höhen von einander abziehen, um die Höhe der zwischenliegenden Luftschichten zu finden, welche aber um so viel zu vermehren sind, als ihre Ausdehnung durch die Wärme beträgt, nämlich fast genau $\frac{1}{274}$ für jeden Grad Cent. Weil endlich die Barometerhöhen in einer arithmetischen Reihe abnehmen, wenn die Höhen der Luftschichten in einer geometrischen zunehmen, so bilden jene die Logarithmen von diesen, und man darf also nur die Logarithmen der Barometerhöhen von einander abziehen und die Differenz mit einer beständigen Grösse multipliciren, um die Höhen zu finden. Der Modulus der briggischen Logarithmen ist 2,302585093 und dieser mit 24488,3 multiplicirt gibt 56386,41. Sind also H und h die auf 0° *C.* reducirten Barometerstände, t und t' die Temperaturen der Luft, so gibt die Formel

$$x = 56386\ (1 + \frac{t + t'}{2 \times 274})\ (\log. H - \log. h)$$

die Höhe in Par. Fuss.

Die Elasticität einer eingeschlossenen, durch den wechselnden Druck der Atmosphäre verschieden zusammengedrückten, Luftmasse misst man vermittelst des *Manometers*, oder des diesem ähnlichen *Sympiezometers*. Beide bestehen aus Luft oder Stickgas, welche durch Quecksilber oder eine sonstige Flüssigkeit in einen be-

Digitized by Google

stimmten Raum eingeschlossen sind, und bei vermehrtem oder vermindertem äussern Luftdrucke mehr zusammengepresst oder ausgedehnt werden. Sie zeigen zugleich den Einfluss der Wärme.

§. 54. In der Luft, als schwerer Flüssigkeit, muss jeder Körper so viel von seinem Gewichte verlieren, als ein gleich grosses Volumen Luft wiegt. Ist daher ein Körper leichter, als eine gleich grosse Masse Luft, so muss er in derselben aufsteigen.

Die Luft ist im Mittel fast 800mal leichter als das Wasser, mithin würde ein Körper von der Dichtigkeit des Wassers in ihr gewogen nur $\frac{1}{800}$stel von seinem Gewichte verlieren, welches bei ökonomischen und technischen Wägungen füglich vernachlässigt werden kann. Indess wiegt ein Par. Cubikfuss Luft im Mittel 0,08 Pf., mithin wiegt ein Würfel von 10 F. Seite 80 Pf., wonach die Tragkraft der Aërostaten geschätzt werden kann. Sie sind entweder *Montgolfieren* oder *Charlieren* (eigentliche Luftballons). Die ersteren bestehen aus grossen Schläuchen von Papier oder gefirnisstem Zeuge, in welchen die Luft durch einen angezündeten und unten befestigten Badeschwamm mit Weingeist, oder durch eine grosse Weingeistlampe erhitzt, und dadurch ausgedehnt wird, so dass sie vermöge ihrer Leichtigkeit aufsteigt und ihre Hülle mit in die Höhe hebt. Die Charlieren sind hohle kugelförmige Körper von Schaafhäutchen, Goldschlägerhaut oder gefirnisstem Wachstaffent, mit Wasserstoffgas gefüllt. Die erhitzte Luft wird nicht leicht über $\frac{1}{3}$ leichter, als die äussere Luft; das aus Zink und Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure, oder aus Eisen und verdünnter Schwefelsäure bereitete Wasserstoffgas ist in der Regel 7 bis 10mal leichter. Man kann daher nur grosse Montgolfieren, aber sehr kleine Luftballons steigen lassen. Die lothrechte Bewegung der Luftballons erhält man leicht, wenn man eine Montgolfiere unter dem Luftballon anbringt, und jene durch stärkere oder schwächere Erhitzung der enthaltenen Luft leichter oder schwerer macht. Für die horizontale Rich-

Digitized by Google

tung hat man bis jetzt noch kein Mittel aufgefunden, und dürfte nicht leicht eins finden.

Der Fallschirm ist ein blosser Schirm von erforderlicher Grösse, welcher mit der daran hängenden Last durch den Widerstand der Luft langsam fällt.

§. 55. Leichtere Luftmassen, und namentlich erwärmte, müssen in der Luft selbst statisch aufsteigen, und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche dem Unterschiede ihres Gewichtes und der Höhe der leichteren Luftsäulen proportional ist.

Das nämliche Gesetz, wonach die Geschwindigkeit des Ausflusses tropfbarer Flüssigkeiten bestimmt wird §. 47., findet auch Anwendung zur Bestimmung der Geschwindigkeit aufsteigender leichterer Luftsäulen oder herabsinkender schwererer. Wird dieses auf wärmere oder kältere Luftsäulen angewandt, und ist der Unterschied der Temperaturen $= t - t^1$, so gibt auf gleiche Weise, wie §. 47., die Formel $c = \frac{t - t^1}{274} 2\sqrt{gh}$ die Geschwindigkeit der Bewegung $= c$ für eine Secunde in Par. Fuss. Wegen des zu überwindenden Widerstandes ist $c = \frac{t - t^1}{274}\sqrt{gh}$. Anwendungen hiervon zeigen sich beim Ziehen der Schornsteine, den Einrichtungen der Luftheitzung, dem Entstehen der Winde u. s. w.

§. 56. Die Luft dringt vermöge ihrer Elasticität in den luftleeren oder mit dünnerer Luft erfüllten Raum ein, und zwar so viel schneller, je grösser der Unterschied der Elasticität ist.

Luft, unter dem mittleren atmosphärischen Drucke, dringt in den leeren Raum mit einer Geschwindigkeit von ohngefähr 1215 par. F. in einer Secunde.

§. 57. Die bewegte Luft stösst gegen bewegliche feste oder flüssige Körper dem Quadrate ihrer Geschwindigkeit proportional. Ist sie in Gefässen zusammengedrückt, so wächst ihre Kraft mit dem Grade der Zusammendrückung.

Digitized by Google

Ersteres kommt in Betrachtung hauptsächlich bei der Wirkung des Windes, Letzteres bei den Windkesseln der Feuerspritzen und der Windbüchsen, bei dem Heronsballe, dem Heronsbrunnen u. a.

V. Bewegungsgesetze schallender Körper.

§. 58. Die meisten starren Körper werden durch Schlagen, Reiben, Streichen mit einem Violinbogen in gewisse regelmässige Schwingungen versetzt, wobei einige Theile ruhen (Schwingungsknoten), andere schwingen (Schwingungsbögen). Sind die erzeugten Schwingungen stark und schnell genug, und gelangen sie durch irgend ein Zwischenmittel zum Ohre, so erzeugen sie die Empfindung des Schalles.

Die Schwingungen lassen sich leicht sichtbar machen an einer geschlagenen Stimmgabel, wenn man sie mit einem harten Körper berührt, oder an einer etwas grossen tönenden Glasglocke, wenn man ein Knöpfchen Siegellack an einem Zwirnfaden daran hält, oder vermittelst einer gespannten Saite.

§. 59. Die Gesetze dieser Schwingungen lassen sich am leichtesten an gespannten, pendelartig schwingenden Saiten nachweisen, bei denen, wie bei allen schallenden Körpern, die Höhe des Tones der Anzahl der Schwingungen in gleichen Zeiten proportional ist.

Nach unserer Tonleiter sind, wenn L die Länge der Saiten, und N die Zahl der Schwingungen bezeichnet

Töne	C	D	E	F	G	A	H	c
N	1.	$^9/_8$.	$^5/_4$.	$^4/_3$.	$^3/_2$.	$^5/_3$.	$^{15}/_8$.	2.
L	1.	$^8/_9$.	$^4/_5$.	$^3/_4$.	$^2/_3$.	$^3/_5$.	$^8/_{15}$.	$^1/_2$.

Die absolute Zahl der Schwingungen ist nach *Chladni* für das 32füssige C der Orgeln = 32, für das 16füssige $C = 64$, das grosse $C = 128$, also für das ungestrichene $c = 256$, wonach die den übrigen Tönen zugehörige Zahl der Schwingungen leicht gefunden werden kann.

Digitized by Google

§. 60. Aehnliche Schwingungen, als bei den Saiten mit ruhenden und schwingenden Theilen, finden sich bei allen tönenden Körpern, wie sich hauptsächlich durch die Chladnischen Klangfiguren auf dünnen Glasscheiben anschaulich machen lässt.

Die letzteren lassen sich leicht hervorbringen, wenn man eine dünne, an den Rändern mattgeschliffene, Glasscheibe zwischen den Fingern hält, mit Sand bestreuet und mit einem Violinbogen streicht.

Ausser diesen transversalen Schwingungen gibt es auch longitudinale, welche man am leichtesten durch eine lange, mit einem nassen wollenen Läppchen, worauf etwas Bimssteinpulver gestreut ist, geriebene Glasröhre erhält. Drehet man diese etwas stärker in dem wollenen Läppchen zwischen den Fingern um ihre Axe, so erhält man Töne, welche fast eine Quinte tiefer sind, als die durch longitudinale Schwingungen erhaltenen.

§. 61. Durch ähnliche longitudinale Schwingungen tönen auch die Luftsäulen, welche in Röhren verschiedener Art (Pfeifen z. B.) eingeschlossen sind.

Hierher gehören hauptsächlich die Hörner, die Pfeifen, Querflöten und die Rohrinstrumente (Hoboen u. a.), in welchen letzteren die Luftsäule mit Hülfe eines vibrirenden zarten Blättchens in Schwingungen versetzt wird, und worunter auch die menschliche und die thierische Stimme gerechnet werden müssen.

§. 62. Nimmt man die Zahl der Schwingungen irgend eines Tones als Einheit an, so gibt die doppelte Anzahl in der Octave das am leichtesten wahrnehmbare und das rationalste Verhältniss. Alle andere Töne gewähren mehr oder minder leichte, rationale oder irrationale Verhältnisse und durch die zahllosen möglichen Verbindungen erhält man die mannigfaltigen Musikstücke.

§. 63. Ausser der Höhe und Tiefe der Töne, welche sonach eine Folge der geringeren oder grösseren Anzahl

Digitized by Google

von Schwingungen ist, unterscheidet man noch ihren eigenthümlichen Klang, wodurch sich z. B. der nämliche Ton der menschlichen Stimme und eines Instrumentes verschieden zeigt. Dieses ist eine Folge der gleichzeitig mit den des eigentlichen tönenden Körpers stattfindenden Schwingungen der sonstigen mit ihm verbundenen Theile.

Ausser der Luftsäule im Blasinstrumente wird dieses selbst, und überhaupt jedes Instrument, in allen seinen Theilen in Schwingungen versetzt. Wie leicht überhaupt Körper durch Schallwellen in Schwingungen gerathen, zeigen eine Menge Beispiele, hauptsächlich das Mittönen, z. B. der Saiten eines Instrumentes, wenn irgend ein starker Ton angegeben wird; das Klirren von Gläsern, einzeln stehenden Glasscheiben, sogar der Fenster massiver Häuser beim Donner u. dgl. m.

§. 64. Vermittelst ähnlicher Schwingungen, als diejenigen sind, welche den Schall erzeugen, wird derselbe durch alle Körper, sowohl feste als tropfbare und expansibele fortgeleitet. Am schnellsten und stärksten durch die festen. Binnen einer Secunde durchläuft er in der Luft bei 0° Temp. einen Raum von 1022,2 Par. Fuss, und diese Grösse wird für jeden Grad der Centesimalscale um nahe 2 Fuss vermehrt.

Im leeren Raume findet keine Fortpflanzung des Schalles statt, weswegen die Erscheinungen des Lichtes, der Elektricität und des Magnetismus mit denen des Schalles nicht vergleichbar sind. Durch Röhren von 488 Toisen Länge geleitet, verlor der Schall nichts von seiner Stärke. Die Fortpflanzung durch feste Körper zeigt sich, wenn man tönende Körper, z. B. Glasröhren oder silberne Löffel, an Fäden bindet, und diese in das Ohr bringt, oder wenn man Drähte am einen Ende in das Ohr hält, das andere mit einer Taschenuhr berührt.

§. 65. Das Sprachrohr ist ein langer abgestumpfter Kegel, durch welchen die Schallwellen zusammengehalten werden, und der Theorie nach bei ihrem Fortgange mehr

Digitized by Google

die Gestalt eines Cylinders beibehalten, als sich nach allen Seiten zerstreuen. Stossen die Schallwellen gegen feste Wände, so werden sie zurückgeworfen, und erzeugen die Erscheinungen der Echo's, Sprachgewölbe und Flüstergallerieen. Die Construction des Hörrohres ist weder durch die Theorie noch durch die Erfahrung hinlänglich bekannt.

Die Beschaffenheit der Wände des Sprachrohres ist gleichgültig. Von der Reflection der Schallwellen geben Kirchen und neugebaute Häuser durch das laute Schallen in ihnen auffallende Beispiele. Man findet einsylbige und mehrsylbige, einfache und vielfache Echo's oft da, wo man sie nicht erwartet. Das Auffangen vieler Schallwellen durch eine grosse Oeffnung ist zur Erzeugung eines Höhrrohrs unzureichend, vielmehr ist Krümmung desselben nothwendige Bedingung.

§. 66. Der Schall wird wahrgenommen, indem die denselben erzeugenden Wellen den Gehörnerven afficiren, zu welchem sie entweder durch den Gehörgang oder durch die festen Theile des Kopfes, z. B. die Zähne und Stirnknochen, gelangen. Schwerhörigkeit und Taubheit entstehen entweder durch Verstopfung des Gehörganges, oder durch Unthätigkeit des Nervens.

Die Gehörknöchelchen, der Hammer, Ambos und Steigbügel, sind die feinsten im menschlichen Körper, und liegen in der Höhle des Ohres hinter dem Paukenfelle. Aus der inneren Höhle des Ohres geht die Eustachische Röhre in den hintern Theil des Gaumens, und verstattet der Luft den Ein- und Austritt in jene Höhle.

Ueber den Ort zu urtheilen, wo sich der schallende Körper befindet, ist sehr schwer, vorzüglich wenn die Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper geschieht. Eine interessante akustische Täuschung gewährt die sogenannte *unsichtbare Frau*, eine Vorrichtung, welche aus fig. 15 deutlich wird, wenn man weiss, dass der Fragende in eine der Trompeten *aaaa* hineinredet, und aus derselben dann die Antwort zurückerhält. Der aus Gitterwerk bestehende Rahmen *AB*, *AB*, scheinbar zum

Digitized by Google

Schutze der hohlen Kugel *C* bestimmt, vermehrt die Täuschung sehr. Die hohle Kugel *C* hängt frei schwebend an Bändern von den Bügeln *d*, *d*, *d* herab, von *e* aus aber geht ein enger Kanal aus dem Nebenzimmer, und mündet zwei trompetenförmigen Oeffnungen der Kugel gegenüber.

VI. Weitere Entwickelung der Attractionsgesetze.

§. 67. Ob alle Erscheinungen der Anziehung, wonach die verschiedenen Körper gegenseitig sich zu verbinden, oder in einer vorhandenen Verbindung zu bleiben streben, auf ein einziges Gesetz als Folge einer allgemeinen Kraft der Attraction zurückgebracht werden können oder nicht, darüber ist viel untersucht. Ausgemacht ist aber, dass sich eine solche Hypothese allerdings ohne auffallenden inneren Widerspruch durchführen lässt.

Das allgemeine Gesetz der Anziehung ist das Newtonsche, wonach sich die Körper den Massen directe und dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional anziehen (§. 14.).

§. 68. Hiernach wäre die Cohäsion der Körper als erste Modification der Anziehung anzusehen. Sie zeigt sich durch den Widerstand, welchen starre Körper einer Trennung ihrer Theile entgegensetzen, und wird gemessen durch die Kraft, welche zum Zerreissen derselben erforderlich ist.

Die stärkste Cohäsion ist den Metallen eigen, namentlich dem Stahl, Eisen, Kupfer, Messing u. s. w., vorzüglich wenn sie zu Draht gezogen sind; daher ihre Anwendbarkeit zu Draht- und Kettenbrücken. Eine Stange von gesundem Schmiede-Eisen, deren Querschnitt einen Par. Quadratzoll misst, trägt zwischen 50 bis 75 Tausend ℔., Kupfer ohngefähr zwei Drittheile so viel. Eine unglaubliche Cohäsion zeigen ferner die Sehnen, Haare, das Horn, der Schmelz der Zähne, auch die Vegetabilien, z. B. der Hanf, insbesondere wenn die einzelnen

Digitized by Google

Fäden zusammengeleimt sind. Ein gutes Haufseil von einem Par. Quadratzoll Querschnitt trägt 9000 ℔.

§. 69. Die Adhäsion, oder das Anhängen einzelner Theilchen fester Körper und der Flüssigkeiten, sowohl der tropfbaren als auch der expansibelen, an festen Körpern und unter einander, wäre als die zweite Modification der allgemeinen Anziehung anzusehen.

Hierhin gehören die Erscheinungen der Adhäsionsplatten, ebener Platten, welche sowohl unter sich, als auch mit Flüssigkeiten zusammenhängen; das Benetztwerden der Körper durch Wasser, einiger Metalle durch Quecksilber; die Haarröhrchen-Anziehung oder Capillarität, welche sich im Quellen des Holzes, der Erbsen u. s. w. mit unglaublicher Kraft äussert; das Festsitzen der Luftbläschen an festen Körpern unter dem Wasser; die zahlreichen Erscheinungen der Absorption, indem die verschiedenen Gasarten durch feste und flüssige Körper nach gewissen bestimmten Gesetzen verschluckt werden; so wie endlich die Verbindungen der Luftarten unter einander, wie z. B. bei der atmosphärischen Luft, die für eine blosse Mengung gilt.

§. 70. Die eigenthümliche drehende Bewegung kleiner Stückchen Kampfer auf Wasser und kleiner Stückchen Kupfervitriol in Salzwasser über Quecksilber scheinen gleichfalls zu den Erscheinungen der Adhäsion zu gehören.

Wenn man auf einen Teller mit reinem Wasser kleine Stückchen Kampfer wirft, so bemerkt man sogleich eine schnelle drehende Bewegung derselben. Giesst man in ein Uhrglas oder ein ähnliches kleines Gefäss etwas reines Quecksilber, darüber 1 bis 2 Lin. hoch Salzwasser, wirft dann kleine Stückchen Kupfervitriol hinein und senkt einen Strickstock in das Quecksilber, so beginnt die schnelle drehende Bewegung. Einige Physiker erklären jenes aus entweichenden elastischen Flüssigkeiten, dieses aus elektrischen Kräften. Kleine Papierschnitzeln, oder Stücke von der Fahne einer Feder, an einem Ende mit etwas Nelkenöl oder Bergamottöl u. s. w. bestrichen, laufen schnell über eine Wasserfläche hin.

Digitized by Google

§. 71. Bei der Krystallisation der Körper liegen ohne Zweifel bestimmte Gesetze der Anziehung zum Grunde. Fraglich aber ist es, ob man kleinste Elementartheilchen der Körper und Axen in denselben anzunehmen habe, durch welche die stets gleiche regelmässige Form der Krystalle bedingt wird.

Die Untersuchung der Grundformen der Krystalle gehört hauptsächlich zur Mineralogie. Interessant ist das Zerspalten eines Kalkspathkrystalles in lauter kleine, dem grossen durchaus ähnliche, Krystalle. Aehnliche Erscheinungen geben andere Mineralien.

§. 72. Eine dritte Modification der allgemeinen Anziehung wäre die chemische Verwandtschaft, welche die Verbindungen verschiedener Stoffe nach einfacher, doppelter, vielfacher (auch aneignender und disponirender) Verwandtschaft bedingt. Wie gross hierbei der Einfluss der sogenannten unwägbaren Stoffe sey, und worauf derselbe beruhe, ist eine schwierige Frage, indess ist derselbe auf keine Weise zu verkennen.

Die Grenzen zwischen (mechanischen) Mengungen und (chemischen) Mischungen sind zuweilen schwer bestimmbar, z. B. bei der atmosphärischen Luft (aus Sauerstoffgas und Stickstoffgas) und beim wasserhaltigen Alkohol. Was unter Wahlverwandtschaft zu verstehen sey, zeigt sich, wenn ein Körper einen andern verlässt, um an einen dritten überzugehen, z. B. wenn man Quecksilber in Scheidewasser auflöst, und eine Kupfermünze hineinlegt, oder Eisen in aufgelösten Kupfervitriol taucht.

Die bedeutendste Erweiterung hat die Chemie in den neuesten Zeiten durch die aufgefundenen Gesetze erhalten, wonach die Körper sich in gegenseitig bestimmten quantitativen Verhältnissen (Proportionen) verbinden. Man nimmt hiernach an, dass alle Körper aus gewissen kleinsten Theilchen von einer bestimmten relativen Grösse bestehen, und nennt diese *Atome, Massentheilchen, chemische Aequivalente, Gewichtstheilchen, Molecüle* u. s. w. Man hat sogar schon versucht, die absolute Grösse der-

Digitized by Google

selben zu bestimmen, doch ist dieses durch Mikroskope unmöglich.

§. 73. Das Bestreben des Chemikers ist hauptsächlich darauf gerichtet, durch Benutzung bekannter Verwandtschaften der einfachen Bestandtheile gemischter Körper die vorhandenen unzerlegbaren Stoffe und die Gesetze, wonach sie sich verbinden, vollständig aufzufinden.

Unzerlegbare und unzerlegte Körper wird oft für gleichbedeutend genommen, insofern es dem Sinne der Worte nicht zuwider ist, diejenigen Körper unzerlegbar zu nennen, welche bis zu der gegebenen Zeit nicht zerlegt werden konnten.

§. 74. Zur vorläufigen Uebersicht genügt es, folgende Körper als einfach zu kennen: zuerst drei in Gasgestalt erscheinende Stoffe, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, denen sich der Kohlenstoff anreihet, welcher einfach auch als Diamant erscheint.

Der *Sauerstoff* ist in einfachster Gestalt, nämlich bloss durch Wärme expandirt, im *Sauerstoffgas* vorhanden, welches hauptsächlich das Verbrennen, die Erhaltung des thierischen Lebens, das Keimen der Pflanzen u. s. w. bedingt, und am leichtesten aus pulverisirtem Braunstein durch Glühen desselben in einer eisernen oder mit Thon beschlagenen gläsernen Retorte, erhalten wird. Der *Stickstoff*, auf gleiche Weise als *Stickstoffgas* oder *Salpeterstoffgas* vorhanden, verbrennt selbst nicht, und macht auch andere Körper nicht verbrennen. Man erhält das Gas, wenn man Phosphor unter einer durch Wasser gesperrten Glocke voll Luft verbrennt. Die Luft (atmosphärische Luft) besteht nämlich aus 0,21 Sauerstoffgas und 0,79 Stickgas als wesentlichen Bestandtheilen. Beim Verbrennen, Athmen u. s. w. wird das erstere ganz oder zum Theil verschluckt, wobei dann meistens andere Gasarten oder Substanzen, beim Athmen Kohlensäure, erzeugt werden. *Wasserstoffgas* allein brennt nicht, gibt aber, dem Volumen nach 2 Th. mit 1 Th. Sauerstoffgas gemischt, Knallgas, welches mit starker Explosiou ver-

Digitized by Google

brennt und Wasser bildet. Das Wasserstoffgas verbindet sich ausserdem mit vielen Substanzen, und liefert dann Kohlenwasserstoffgas (wozu die aus dem Schlamme stehender Gewässer aufsteigende Sumpfluft gehört) nach verschiedenen Mischungsverhältnissen, die mit mehr oder minder lebhafter Flamme verbrennenden leuchtenden Gasarten (z. B. Steinkohlengas und die sonstigen zur Gasbeleuchtung dienenden), Phosphorwasserstoffgas, welches sich beim Zutritt von Sauerstoffgas selbst entzündet, Schwefelwasserstoffgas u. v. a. Leicht erhält man dasselbe (jedoch unrein) durch verdünnte Schwefelsäure (oder Salzsäure) aus Eisen oder Zink. *Kohlenstoff*, im Diamant ganz, in der Kohle fast rein vorhanden, bildet mit Sauerstoffgas die Kohlensäure (kohlensaures Gas), welche aus Kreide und Säuren leicht erhalten wird, und in geistigen Getränken, desgleichen in den Sauerwassern in grosser Menge enthalten ist.

§. 75. Als einfache Stoffe werden, einiger Gegengründe ungeachtet, noch angesehen: Phosphor, Schwefel, Fluor, Boron, Chlor, Iod, Selen und Brom.

Phosphor liefert mit Sauerstoff die Phosphorsäure, einen Hauptbestandtheil der thierischen Knochen. Schwefel mit Sauerstoff (verbrannt) liefert schwefliche — und (gesättigt) Schwefelsäure (mit etwas Wasser verbunden Vitriolöl); Fluor ist die Grundlage der Flusssäure, welche das Glas ätzt; Boron der Boraxsäure, welche im Borax vorkommt; Chlor mit Wasserstoff gibt Kochsalzsäure, mit Sauerstoff Chlorsäure, welche mit Alkali verbunden Knallsalz bildet; Iod, in einer Glasröhre erhitzt, erscheint als schön veilchenblauer Dampf.

§. 76. Die zahlreichste Klasse der einfachen Körper enthält die Metalle. Sie kommen als Erze, als Oxyde, als Salze und regulinisch häufig in der Natur vor.

Zu den Metalloxyden rechnet man jetzt auch die fixen Alkalien und Erden, aus welchen die Metalle meistens schon regulinisch dargestellt sind, nämlich Kalium

Digitized by Google

Natrium, Lithium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnium, Yttrium, Glycium, Alumium, Zirconium und Silicium. Unter diese Klasse gehören ferner die früher schon bekannten, zum Theil Halbmetalle genannten, als Platin, Gold, Silber, Quecksilber (welche edle genannt werden); Kupfer, Zinn, Eisen, Blei, Wismuth, Zink, Antimon, Nickel, Arsenik, Kobald, Molybdän, Mangan, Scheel, Chrom, Uran, Titan, Tantal, Cerium, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium und Kadmium, und die neuerdings entdeckten, Thorium und Vanadium.

§. 77. Die Operationen der Natur, insbesondere bei den Pflanzen und Thieren, bestehen hauptsächlich in Zusammensetzungen und Trennungen der einfachen Substanzen, wodurch die zahllosen verschiedenen Erzeugnisse hervorgehen.

Das Thierreich und Pflanzenreich stehen in einer gewissen Wechselwirkung zu einander, indem namentlich das letztere die zur Erhaltung des ersteren erforderlichen Verbindungen erzeugt, wie die Kunst es nicht vermag. Hauptsächlich gilt dieses vom Kohlenstoff, welcher, in sehr verschiedenen quantitativen Verhältnissen mit Wasserstoff verbunden, den Hauptbestandtheil der zur Nahrung der Thiere und Menschen dienenden Pflanzen ausmacht, dagegen beim Athmen mit Sauerstoff verbunden als Kohlensäure ausgeschieden wird, und in dieser Gestalt an Wasser gebunden wieder zur Ernährung der Pflanzen dient.

Es können zwar neue Verbindungen, aber auf keine Weise Hervorbringungen des Einfachen stattfinden. Wird daher ein Körper z. B. durch Vegetation oder auch durch Kunst hervorgebracht, nicht aber aus seinen Verbindungen ausgeschieden, so ist er sicher nicht einfach. Hiernach lässt sich die Kunst des Goldmachens beurtheilen.

§. 78. Anhangsweise lässt sich noch die atmosphärische Luft näher betrachten, welche ehemals für einfach gehalten wurde. Jetzt weiss man indess, dass sie aus 79 Th. Stickgas und 21 Th. Sauerstoffgas dem Volumen

Digitized by Google

nach besteht, mit einem veränderlichen Antheile Kohlensäure, Wasserdampf und verschiedenen dampfförmigen oder in sehr kleinen Partikeln mechanisch in ihr schwebenden Substanzen. Sie ist der Gesundheit um so zuträglicher, je reiner sie ist.

Die Quantität des Sauerstoffgases in derselben ist überall gleich, und die Eudiometer (Luftgütemesser) leisten daher dasjenige nicht, was ihr Name andeutet, sondern sind Werkzeuge, vermittelst deren die Bestandtheile der Gasgemenge gefunden werden. Verdorbene, mit ungesunden Theilen verunreinigte Luft wird durch Ventilatoren fortgeschafft, oder man zerstört die Miasmen durch die sauren (chlorsauren) Räucherungen. Gewöhnliche Räucherpulver und sogenannte Wohlgerüche, wie auch der Tabaksrauch, sind in dieser Hinsicht ohne Ausnahme eher schädlich als nützlich.

Zweite Abtheilung.

Unwägbare Potenzen.

§. 79. Ausser den schweren Körpern gibt es noch andere in der Natur wirksame Potenzen, welche sich weder wägen noch in Grenzen einschliessen lassen, und daher Inponderabilien oder Incoërcibilien genannt werden.

Man ist gegenwärtig ziemlich allgemein darüber einverstanden, dass die bis jetzt bekannten Incoërcibilien, *Wärme, Licht, Elektricität* und *Magnetismus*, aus feinen ätherischen Stoffen bestehen, welche durch die bisher angewandten Mittel nicht gewogen werden konnten, obgleich dadurch nicht ausgemacht ist, ob nicht einige derselben, namentlich Wärme und Elektricität, gegen die Erde gravitiren, oder von ihr angezogen werden.

Digitized by Google

§. 80. Von den vier bis jetzt bekannten unwägbaren Potenzen ist das Licht entschieden kosmisch, und vielleicht auch der Magnetismus, die Wärme und Elektricität dagegen sind mehr tellurisch oder an die Erde gebunden.

Das Licht erscheint als höchste unwägbare Potenz überall im Weltraume, wird hauptsächlich von allen Fixsternen oder Sonnen ausgestrahlt, und durch den überall verbreiteten Lichtäther fortgepflanzt. Die Wärme dagegen nimmt mit der Entfernung von der Erde bedeutend ab, und da in sehr hohen Breiten die Luftelektricität gleichfalls verschwindet, so berechtigt dieses, beide für tellurisch zu halten, obgleich sie auch andern Himmelskörpern in verschiedenen quantitativen Verhältnissen eigen seyn können. Ueber den Magnetismus der Himmelskörper können wir nach unsern jetzigen Kenntnissen nicht wohl etwas festsetzen.

A. Wärme.

§. 81. Die physische Ursache, welche durch ihre Anwesenheit die Erscheinungen des Warmseyns, von dem geringsten Grade der Erwärmung bis zum höchsten Grade der Hitze, durch ihre Abwesenheit die Erscheinungen der Kälte bis zum höchsten Grade der Erstarrung hervorbringt, nennen wir Wärme, Wärmestoff *(calorique)*.

Einen eigenen Kältestoff kann es nicht geben, denn wir gewahren überall sich selbst gleiche Wirkungen der Wärme. So schmilzt Blei durch die Wärme des Eisens, Eis durch die des Bleies, gefrornes Quecksilber durch die des Eises und so fort, bis zur unbekannten gänzlichen Abwesenheit der Wärme. Man hat die Erscheinungen der Wärme aus blossen Schwingungen *(rayons)* der Körper erklären, und sonach auch Kältestrahlen annehmen wollen, ohne hinlänglich entscheidende Gründe. Andere waren geneigt, die Wärme für gebundenes Licht zu halten, welche sinnreiche Hypothese indess mit verschiedenen Erscheinungen und den neuesten Ansichten über das Wesen des Lichtes nicht übereinstimmt.

Digitized by Google

§. 82. Die Wärme äussert sich hauptsächlich in der Ausdehnung aller Körper durch dieselbe,

Einige Flüssigkeiten, auch geschmolzenes Wismuth, hauptsächlich aber das Wasser, dehnen sich aus, indem sie fest werden, welches eine Folge der Krystallisation ist. Thon schwindet in der Hitze durch Zusammensinterung, Holz durch Entweichung der Feuchtigkeit. Alle diese Erscheinungen streiten nicht gegen das allgemeine Gesetz. Die Ausdehnung der Körper durch Wärme geschieht mit einer alle Bande der Cohäsion überwindenden Gewalt, woraus das Zerspringen gläserner und eiserner Gefässe und das Erforderniss der Compensatoren bei langen Röhren und Stangen erklärlich ist.

§. 83. Indem man die Intensität der Wärme der Grösse der Ausdehnung verschiedener Körper proportional setzt, erhält man ein Mittel, die erstere zu messen. Die hierzu dienenden Werkzeuge sind Thermometer und Pyrometer.

Die gebräuchlichen *Thermometer* sind gläserne Kugeln an engen, inwendig genau cylindrischen Röhren, welche mit gefärbtem Weingeist oder besser mit Quecksilber gefüllt werden. Gewöhnlicher Weingeist dehnt sich ungleich aus, und kann also die Temperatur nicht richtig zeigen; absoluter Alkohol gefriert indess durch die höchsten, bis jetzt erreichten, Kältegrade nicht, weswegen die damit gefüllten Thermometer für hohe Grade der Kälte allein brauchbar sind. Quecksilberthermometer haben eine regelmässige Ausdehnung von — 25° bis etwa 150° *C.*, und sind daher für den gewöhnlichen Gebrauch am geeignetsten.

Die festen Punkte am Thermometer bestimmt man, indem man sie in schmelzenden Schnee und in den Dampf des siedenden Wassers taucht. Ersteres gibt den sogenannten Gefrierpunkt (eigentlich Sehmelzpunkt des Eises), Letzteres den Siedepunkt. Die gebräuchlichsten Skalen sind die hunderttheilige (centesimal, Celsius'sche), die achtzigtheilige (Reaumur'sche, de Lüc'sche), die Fahrenheit'sche und selten die de l'Isle'sche. Nach der ersten

Digitized by Google

wird der Raum vom Gefrier- bis Siedepunkte in 100, nach der zweiten in 80, nach der dritten in 180 Theile getheilt, jedoch letztere so, dass sie von 32° unter dem Gefrierpunkte des Wassers anfängt, und also bis zum Siedepunkte des Wassers 212° zählt; nach der vierten wird der Raum vom Siedepunkte bis zum Gefrierpunkte in 150 Grade getheilt. Hiernach lassen sich die Angaben der Grade leicht reduciren. Unter den verschieden *Metallthermometern* steht jetzt das von *Breguet*, aus einem schraubenförmig gewundenen Streifen mit Gold zusammengelötheten Platins und Silbers, in vorzüglichem Ansehen. Das Six-Thermometer fig. 16., aus einem Cylinder mit Weingeist *a a* bestehend, welcher durch Ausdehnung und Zusammenziehung das Quecksilber *b b* bewegt, und hierdurch die Stahlstiftchen *c c* verschiebt, dient hauptsächlich dazu, die Temperatur in den Tiefen des Meeres zu erforschen, indem die durch das Quecksilber verschobenen Stahlstifte unverrückt liegen bleiben, und die Grade zeigen, worauf das Thermometer stand

Ein *Pyrometer*, zur Bestimmung hoher Hitzegrade von. *Wedgwood* angegeben, besteht aus thönernen Cylindern, welche in der Hitze schwinden, und zwischen zwei convergirenden und Grade zeigenden Messingstreifen gemessen werden. *Daniell* hat ein anderes erfunden, aus einer Platinstange bestehend, welche in einem Kasten von Graphit befestigt durch ihre Ausdehnung einen Zeiger bewegt.

§. 84. Alle Thermometer messen nur die relativen Wärmezunahmen, indem keines vom absoluten Nullpunkte, wo gar keine Wärme vorhanden ist, ausgeht, als welcher bis jetzt noch nicht mit Genauigkeit bestimmt werden konnte. Ausserdem hört die Regelmässigkeit der Ausdehnung aller Körper auf, wenn sie aus dem Zustande der Festigkeit in den tropfbarflüssigen oder gasförmigen übergehen.

Die Luft, welche aber wegen ihrer Zusammendrückbarkeit eine minder taugliche thermoskopische Substanz ist, kann aus dem angegebenen Grunde das einzige, für

Digitized by Google

alle Temperaturen richtige, Thermometer liefern. Quecksilberthermometer weichen indess von — 30 bis 100 Grad von einem Lufthermometer nicht merklich ab, und werden bei höheren Graden corrigirt.

§. 85. Die Grösse der Ausdehnung durch gleiche Vermehrung der Wärme ist bei den verschiedenen Körpern verschieden, stärker bei den expansibelen als bei den tropfbar flüssigen, und bei diesen stärker als bei den festen.

Nach *Dalton* und *Gay-Lüssac* dehnen sich alle gasförmige Körper, also Luft und Dämpfe, im Zustande der Expansion um gleiche Grössen aus. Ist das Volumen derselben beim Gefrierpunkte = 1, so ist es beim Siedepunkte = 1,375, nach den neuesten Versuchen von *Rudberg* aber richtiger = 1,365.

Für tropfbare Flüssigkeiten findet eine solche allgemeine Angabe nicht statt, weil ihre Ausdehnung bei verschiedenen Temperaturen ungleich, aber geringer als die der gasförmigen, und grösser als die des Quecksilbers ist. Dieses dehnt sich um $\frac{1}{5550}$ seines Volumens durch 1° *C.* aus. Die Längenausdehnung = x für 1° *C.* beträgt beim Glase 0,00000897, beim Kupfer 0,00001717, beim Messing 0,00001760, beim Eisen 0,0000114, beim Silber 0,000019, beim Golde 0,000015, beim Platin 0,00000983, die ganze Länge = 1 gesetzt. Will man hieraus die Ausdehnung einer Fläche bestimmen, so würde diese = f für eine Anzahl Grade der Temperatur nach $C = t$ genau = $f\,(1+t\,x)^2$ und ein gegebenes Volumen = k genau = $k\,(1+t\,x)^3$ werden. Weil aber x gegen 1 sehr klein ist, so kann man im ersten Falle $f(1+2t\,x)$, im zweiten $k\,(1+3t\,x)$ setzen.

§. 86. Wärme wird erzeugt 1) durch das Licht und vorzüglich durch die directen Strahlen der Sonne; 2) durch mechanische Zusammendrückung; 3) durch chemische Mischungen; 4) durch den thierischen Lebensprocess; 5) durch Elektricität.

Digitized by Google

Das Tageslicht bringt Wärme im geringen Grade hervor, stärker die Sonnenstrahlen, insbesondere wenn sie durch einen Brennspiegel oder eine Brennlinse concentrirt werden. Durch beide erhält indess ein Körper im Verhältniss zu der absoluten Menge der auffallenden Strahlen so viel weniger Wärme, je grösser die Menge der durch sie verschluckten Strahlen ist; die Hitze wird aber in einen weit geringeren Raum concentrirt, und daher rührt ihre sehr grosse Brennkraft. Würde z. B. durch die Sonnenstrahlen ein Körper um 10° *C.* erwärmt, und eine Brennlinse concentrirte dieselben in einen tausendmal kleineren Raum, so würde die daselbst erzeugte Hitze tausendmal grösser, also = 10000° *C.* seyn. Ausserdem hat die Beschaffenheit der Körper, worauf die Sonnenstrahlen fallen, einen grossen Einfluss auf die erzeugte Wärme, indem diese bei blanken und weissen am geringsten, bei rauhen und schwarzen am stärksten ist, bei höchst feinen, z. B. Spinnen- oder Cocon-Fäden ganz fehlt.

Das Zusammenpressen, mehr das Schlagen und noch weit mehr das Reiben fester Körper bringt Wärme hervor. Daher das Funkensprühen beim Schleifen und Feuerschlagen und das Feueranzünden mancher Völker durch Reiben von zwei Hölzern an einander. Schnelle Compression der Luft im Tachopyrion bewirkt Entzündung des Schwammes und leicht entzündlicher Substanzen. Fast alle chemische Verbindungen sind mit Wärmeerzeugung verbunden, insbesondere wenn die Körper sich verdicken, z. B. Wasser und Schwefelsäure, ätherische Oele (Terpentinspiritus) und eine Mischung von rauchender Salpetersäure und Schwefelsäure. Dahin gehören die Pyrophore, die Entzündungen des Düngers, der geballeten Cichorien, des feuchten Kornes u. dgl., endlich die Selbstverbrennung lebender Menschen.

Das gewöhnliche Verbrennen besteht meistens in einer Verbindung des Sauerstoffgases mit verbrennlichen Grundlagen, und ist so viel stärker, je grösser die Verwandtschaft zwischen diesen Stoffen, und je leichter die Verbindung derselben ist. Daher die Unmöglichkeit

Digitized by Google

des Brennens im luftleeren Raume und in sogenannten mephitischen Gasarten. Ein Licht erlöscht in Kellern und Grotten, welche mit kohlensaurem und schwefelichtsaurem Gase erfüllt sind, worin dann zugleich das Athmen nicht stattfinden kann, also Erstickung erfolgt. Feuer in Schornsteinen erlöscht durch eine verhältnissmässige Menge auf dem Herde brennenden Schwefels, weil die erzeugte und aufsteigende schwefliche Säure der Luft im Kamine das Sauerstoffgas entzieht. Diesem entgegen steht das Verbrennen explodirender Mischungen, namentlich des Schiesspulvers, bei welchem die Kohle und der Schwefel sich mit dem Sauerstoffe der im Salpeter enthaltenen Salpetersäure verbinden, und in denen also die Bedingungen des Verbrennens, ohne das Sauerstoffgas der umgebenden Luft, enthalten sind. Die Intensität der durch das Verbrennen erzeugten Hitze ist verschieden, am stärksten in der Flamme des Knallgasgebläses. Die Flamme ist verbrennendes Gas, worin die verbrennlichen Körper zerlegt werden, und leuchtet mehr oder weniger je nach der Mischung der Gasarten (§. 74.). Daher die Gasbeleuchtung mit dem aus Steinkohlen oder Oelen durch Zersetzung vermittelst der Glühhitze gewonnenen Gase. Das Leuchten der Flamme ist eine Folge des in ihr glühenden Kohlenstoffs, und sie ist so viel weisser und leuchtender, je vollständiger das Weissglühen stattfindet. Zu viel Wasserstoff macht dieselbe bläulich, zu viel Kohlenstoff röthlich, oder wenn derselbe nicht vollständig verbrennt, folglich als Russ entweicht, schwärzlich; andere Farben werden durch beigemischte Substanzen erzeugt, z. B. Weingeist mit aufgelöstem Grünspan, salzsaurem Kalke u. dgl. m.

Ob die Vegetabilien allgemein durch den Process ihres Pflanzenlebens Wärme entwickeln, ist schwer zu entscheiden, auf allen Fall ist die Menge der bloss in ihren grünen Theilen erzeugten Wärme sehr geringe, und der Unterschied ihrer Temperatur und der der Umgebung beruhet hauptsächlich auf der Wärmeleitung durch die Wurzeln. Jedoch erzeugen die Blumen einiger Pflanzen auf kurze Zeit eine merkliche Wärme.

Digitized by Google

Alle Thiere, auch die Larven, erzeugen Wärme und zwar in steigender Progression die Fische, Würmer, Amphibien, Insekten, Säugethiere, Vögel. Die sich nur wenig ändernde Temperatur des Blutes und somit auch der innern Theile bei den Menschen beträgt zwischen 36,5 und 37,5 Graden C. Sehr grosse Hitze und Kälte wirken nachtheilig auf das Leben der Thiere, indess können bekleidete Menschen wenige Minuten eine Hitze über den Siedepunkt des Wasser's und eine Kälte unter dem Gefrierpunkte des Quecksilbers aushalten. Die Ursache der thierischen Wärme ist der Lebensprocess, welcher im ganzen Körper sich im Aufnehmen gewisser Theile und Ausstossen anderer zeigt, und hauptsächlich durch das Blut und dessen Verbindung mit Sauerstoff (eine Art Verbrennung) in den Lungen bedingt wird, welche letztere dadurch geschieht, dass das Sauerstoffgas aus der geathmeten atmosphärischen Luft ausgeschieden und zunächst vom Blute aufgenommen wird, während ausgeschiedener Kohlenstoff mit Sauerstoff verbunden als Kohlensäure beim Ausathmen entweicht.

§. 87. Erhitzte Körper geben ihre Wärme in ungleichen Zeiten ab, und kehren wieder zu der Temperatur ihrer Umgebung zurück. Die hierzu erforderliche Zeit wird durch die Art der Körper und ihrer Umgebung, durch ihre Masse, und durch die Grösse sowohl, als auch die Blänke ihrer Oberfläche bedingt. Von polirten Metallflächen werden die Wärmestrahlen zurückgeworfen, von Hohlspiegeln nach Art der Lichtstrahlen.

Alle Körper bedürfen im leeren Raume, weniger in umgebender trockener, noch weniger in umgebender feuchter Luft eine geraume Zeit, bis sie erkalten. Dieses geschieht indess bei verschiedenen Körpern in ungleichen Zeiten, welche insbesondere durch die Bewegung der Luft sehr abgekürzt wird. Dichte Körper erfordern eine längere Zeit als lockere, obgleich die letzteren, welche überhaupt weniger Wärme als die dichteren bei gleichen Temperaturen beider enthalten, den berührenden Substanzen weniger Wärme abgeben oder entziehen, und

Digitized by Google

daher je nach ihrer eigenen Temperatur wärmer oder kälter scheinen, als die ersteren. Kugeln haben bei gleicher Masse die kleinste Oberfläche, und erkalten daher am langsamsten. Höchst merkwürdig ist aber, dass die Wärme blanke Oberflächen so schwer durchdringt, und von Hohlspiegeln, wie das Licht, in unmessbar kurzer Zeit auf weite Entfernungen fortgepflanzt wird.

§. 88. Auf gleiche Weise bedarf die Wärme bei verschiedenen Körpern eine ungleich lange Zeit, um eine gegebene Länge derselben zu durchlaufen, wenn dieselben an einem Ende erhitzt sind.

Eine metallene, gläserne und hölzerne Stange mit ihrem einen Ende in glühende Kohlen gelegt, sind in gleichen Abständen hiervon ungleich warm.

§. 89. Endlich unterscheiden sich die Körper sehr hinsichtlich des Vermögens, die Wärme durch ihre Masse zu leiten. Man nennt diejenigen die besten Leiter, welche die Wärme in der kürzesten Zeit durch sich hindurchlassen, und hiernach sind der leere Raum und die lockersten Körper die schlechtesten, Metalle die besten Wärmeleiter.

Man sichert die Körper gegen den Einfluss der Hitze und der Kälte am besten durch lockere Körper, trockne Luft, Federn, Pelzwerk, Seide, Baumwolle, Asche, Holz; daher die Wärme in hölzernen Häusern, der Nutzen der Strohdächer (auch über Eiskellern), der Kleidung und Betten, die hölzernen Handgriffe und Umwindungen metallener Handhaben, das Erkalten des Feuers unter der Asche u. dgl. m. Alle Flüssigkeiten pflanzen die Wärme hauptsächlich durch die in ihnen stattfindenden Strömungen fort, um so mehr, je dünner sie sind, und daher bei ungleichem spec. Gew. der einzelnen Schichten in Folge stattfindender theilweiser Erwärmung am leichtesten in Strömungen versetzt werden.

Noch nicht genügend erklärt ist *Leidenfrost's* Versuch, dass Wasser auf sehr heissem, selbst glühendem, Metalle langsam verdampft (ein Wassertropfen in einem

Digitized by Google

über der Lichtflamme stark erhitzten Theelöffel), und die Unverbrennlichkeit der menschlichen Haut.

§. 90. Die verschiedenen Körper erfordern eine ungleiche Menge der Wärme, um bis zu gleich hohen Temperaturen erhitzt zu werden. Hiernach bestimmt man die specifische Wärmecapacität.

Wird die einem Körper zugeführte Wärme stets wieder abgeleitet, so kann er nicht bedeutend erhitzt werden. Daher ein Stück Leinen fest über eine Metallfläche (z. B. Uhrgehäuse) gespannt, durch eine aufliegende Kohle nicht verbrennt, noch weniger ein um ein mit Wasser gefülltes Medicinglas fest gebundener Zwirnsfaden in der Flamme einer Kerze.

Wenn ungleich erwärmte Mengen gleicher Körper vereinigt werden, so ist die dadurch erhaltene Temperatur die mittlere der Massen und der Temperaturen; ungleiche Körper verbunden geben ein hiervon abweichendes Resultat. So erfordert dem Gewichte nach eine gleiche Quantität Wasser, dessen specifische Wärmecapacität unter allen Körpern am grössten ist, 30 bis 34mal so viel Wärme, um auf eine gewisse Temperatur gebracht zu werden, als das Quecksilber. Die Körper dürfen bei ihrer Mischung nicht chemisch auf einander einwirken, weil hierdurch nach §. 86. Wärme erzeugt wird.

§. 91. Wird den Körpern Wärme zugeführt, so steigt ihre Temperatur im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Wärmecapacitäten so lange, als sie ihren Aggregatzustand nicht ändern. Gehen sie aber aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren und aus diesem in den der expansibelen Flüssigkeit über, so wird ohne Erhöhung der Temperatur die Wärme gebunden, latent; durch eine entgegengesetzte Veränderung findet das Gegentheil statt.

Man nimmt diese Erscheinung am einfachsten wahr, wenn man ein Thermometer in ein Gefäss mit Schnee stellt. Ist dieser tief unter 0 Grad erkältet, so wird das Thermometer durch zugeführte Wärme bis 0° steigen,

Digitized by Google

dann unverändert bleiben, bis aller Schnee geschmolzen ist, worauf die Fixität des Nullpunktes der Thermometer beruhet. Nach dem Schmelzen des Schnee's steigt das Thermometer bis 100° *C.* und bleibt dann unverändert. Mischt man leicht zerfliessbare Salze mit Schnee, so werden beide schnell schmelzen, und dadurch hohe Grade künstlicher Kälte erzeugen. Noch mehr Wärme wird erfordert, um tropfbare Flüssigkeiten zu verdampfen, woraus die grosse Kälte erklärlich ist, welche leicht verdampfbare Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Weingeist, Aether u. dgl. bewirken, wesswegen auch hierdurch hohe Grade der Kälte künstlich erzeugt werden können. Zu den Erscheinungen des umgekehrten Verhaltens gehört die Wärmeerzeugung durch krystallisirende Salze, durch gefrierendes Wasser, welches nahestehende Gegenstände daher gegen das Gefrieren schützt, und durch das Niederschlagen des Dampfes beim Destilliren.

§. 92. Wenn feste Kärper durch Wärme flüssig werden, so sagt man: sie schmelzen. Die hierzu erforderliche Wärme ist bei den verschiedenen Körpern sehr ungleich, indem einige durch die stärksten Grade der Hitze gar nicht oder kaum flüssig werden, andere in den höchsten Graden der Kälte nicht gefrieren. Im Allgemeinen sind die zusammengesetzten Körper leichter flüssig als ihre einfachen Bestandtheile, mit Ausnahme der Schwefelverbindungen.

Unter die strengflüssigen Körper gehören der Kohlenstoff, die reinen Erden, das Scheel, Platin, Magnesium, Eisen u. s. w. Schwer gefrierende Körper sind Quecksilber bei — 40° *C.*, Schwefeläther bei — 44°, Ammoniak bei — 50°; absoluter Alkohol ist bis jetzt durch fast — 100° noch nicht zum Gefrieren gebracht. Um strengflüssige Körper leichter schmelzen zu machen, setzt man die sogenannten Flüsse zu, als Borax, Flussspath, u. dgl., auch schmilzt die Kieselerde durch Alkalien zu Glas. Im siedenden Wasser schmilzt das Rose'sche Metall aus 118 Th. Zinn, 207 Th. Blei und 284 Th Wismuth.

Digitized by Google

Ruhig stehendes reines Wasser lässt sich bis tief unter 0° *C.* erkälten, ohne dass es gefriert, welches aber durch Bewegung sogleich erfolgt. Dasselbe hat bei fast 4° *C.* seine grösste Dichtigkeit und wird über und unter diesem Punkte gleich stark ausgedehnt, noch stärker aber, nämlich im Mittel um 0,1 seines Volumens durch die Verwandlung in Eis, und dieses geschieht mit einer ungeheuren Kraft, so dass das Eis Bäume und Felsen spaltet und Mauern hebt.

Viele Körper, z. B. Kohlen, verbrennen früher, als sie schmelzen.

§. 93. Die tropfbaren Flüssigkeiten werden durch Wärme in Dampf verwandelt, welcher zwar expansibel ist, wie die Luft, aber andere Gesetze der Dichtigkeit und Elasticität befolgt, als diese, und durch Verminderung der Temperatur zum Theil niedergeschlagen, oder wieder in tropfbare Flüssigkeit verwandelt wird.

Alle Flüssigkeiten werden in Dampf verwandelt, und zwar um so leichter, je leichter sie sieden. Die fetten Oele verdampfen daher am wenigsten, weil sie durch Hitze zersetzt werden, und deswegen nicht eigentlich sieden. Am leichtesten verdampfen die flüssige schwefliche Säure, der Schwefelkohlenstoff, die Aetherarten, der Weingeist und das Wasser. Das Quecksilber verdampft wenig in gewöhnlicher Temperatur; auch die strengflüssigsten Metalle verdampfen durch hohe Grade der Hitze. Im luftleeren Raume, oder wenn stets neu hinzukommende Luft den gebildeten Dampf aufnimmt, ist die Verdampfung stärker, daher die Abkühlung und das Austrocknen durch Luftverdünnung und Luftzug. Obgleich von den meisten Flüssigkeiten in jeder Temperatur Dampf gebildet wird, so geschieht dieses doch vorzüglich stark beim Sieden. Letzteres findet statt, wenn die gebildeten Dämpfe eine gleiche Elasticität erhalten, als die auf die Flüssigkeit drückende expansibele Flüssigkeit (im Allgemeinen die Luft) besitzt, weswegen das Sieden im luftverdünnten Raume und auf hohen Bergen bei geringerer Hitze, in verschlossenen Gefässen aber bei

Digitized by Google

höherer, bis zur höchsten, Temperatur stattfindet, und unmöglich wird, wenn die Dämpfe des Gegendrucks wegen nicht aufsteigen können. Das Sieden nämlich besteht eben in dem freien Aufsteigen der gebildeten Dämpfe in der Flüssigkeit.

Wenn zur Bildung des Dampfes bei steigender Temperatur sets neue Flüssigkeit vorhanden ist, so kann man sagen, dass der Dampf im Maximo seiner Dichtigkeit sey, oder dass ein gegebener Raum so viel Flüssigkeit in Dampfform enthalte, als in demselben existiren kann. Wird also der Raum verkleinert oder die Temperatur vermindert, so muss ein Theil Dampf als tropfbare Flüssigkeit niedergeschlagen werden, worauf die Entstehung der meteorischen Niederschläge beruhet. Die Dichtigkeit und insbesondere die Elasticität dieses Dampfes wächst mit der Temperatur ausserordentlich. Im luftleeren und im luftvollen Raume kann eine gleiche Quantität Wasserdampf existiren, es ist aber nicht nothwendig, dass die Luft, obwohl sie in der Regel nie ganz frei von Wasserdampf ist, damit gesättigt sey. Ist ferner keine neue Flüssigkeit vorhanden, um den Dampf bei steigender Wärme stets im Maximo seiner Dichtigkeit zu erhalten, so steigt die Elasticität des vorhandenen Dampfes durch Wärme auf gleiche Weise, als die der Luft. Bei 28 Par. Zoll Barometerhöhe siedet Schwefeläther bei 37°, Alkohol bei 79°,7, Wasser bei 100°, Terpentinöl bei 100° bis 150°, Vitriolöl bei 285°, Schwefel bei 293°, Quecksilber bei 356° *C.*

§. 94. Die ausserordentlich grosse Elasticität des Wasserdampfes, welche durch Abkühlung augenblicklich abnimmt, wird mit grossem Vortheile zu den Dampfmaschinen benutzt, und diese sind, nach Verhältniss der Hitze des angewandten Dampfes, entweder von niedrigem oder von hohem Drucke.

Wenn man abwechselnd über und unter einen Embolus in einem (metallenen) Stiefel Dampf von grosser Elasticität strömen lässt, und im entgegengesetzten Wechsel wieder abkühlt, wodurch er seine Elasticität verliert,

Digitized by Google

so muss der Embolus sich auf und nieder bewegen, und dieses ist das einfache Princip der Dampfmaschinen im Allgemeinen, indem die lothrecht oder horizontal bewegte Stange des Embolus die erforderliche Maschinerie in Bewegung setzt. Wendet man hierbei sehr heissen, und somit stark elastischen Dampf an, welcher durch eine Abkühlung um etwa 20 bis 40 Grade zwar noch sehr elastisch bleibt, aber doch viel von seiner ursprünglichen Elasticität verliert, so erhält man die Dampfmaschinen von hohem Drucke (*high pressure*), welche hauptsächlich durch *Perkins* ausgeführt sind. Uebersteigt aber die Hitze des Dampfes die Siedehitze nur um etwa 5 bis 10 Grade, so hat man die von niedrigem Drucke. Wegen der ungeheuren Gewalt der Dämpfe, welche auf zwei bis 35 Atmosphären getrieben wird (so dass also der Dampf gegen eine Fläche 35mal so stark drückt, als die atmosphärische Luft, oder im Mittel mit 35×2300 Pf. gegen einen Pariser Quadratfuss), bringt man Sicherheitsventile an, und wenn diese vernachlässigt und etwa festgelegt werden, so erfolgen die zuweilen sich ereignenden gefährlichen Explosionen.

§. 95. Sowohl beim Wasser als auch bei den übrigen Flüssigkeiten steigt die auflösende Kraft mit der Zunahme der Temperatur. Man vermeidet daher den mit der Verdampfung verbundenen Wärmeverlust, und erhält zugleich gesättigtere Lösungen durch den Papinischen Digestor. Ausserdem lässt sich die Wärme des Wasserdampfes sowohl zum Kochen als auch zur Heitzung benutzen.

Papin's *Digestor* ist bloss ein dem starken Drucke der Dämpfe hinlänglich widerstehender metallener, am besten kupferner, dampfdicht verschlossener, Kessel. Man benutzt ihn zum Ausziehen der Bouillon aus Knochen, zur Firnissbereitung u. s. w. und erspart bei gehöriger Verschliessung sehr an Brennmaterial. In Nordamerika benutzt man die Wärme der Wasserdämpfe durch unmittelbare Einwirkung auf Früchte zur Bereitung der Speisen; allgemeiner verbreitet sind die Vorrichtungen, die Dämpfe des siedenden Wassers in die Kochgeschirre

Digitized by Google

zu leiten, oder zum Kochen vermittelst des Dampfes. Wird heisser Wasserdampf in Röhren mit nicht blanker Oberfläche (bronzirter gusseiserner) durch Zimmer geleitet, so erhält man die in England übliche Dampfheitzung, wobei der Dampf seine Wärme, welche von 0° *C.* an gerechnet, und zwar die freie und latente zusammen 640° *C.* beträgt, zum grossen Theile durch die Röhrenwandungen an die umgebende Luft abgibt.

§. 95. Da die Verdampfung (auch Verdunstung genannt) der tropfbaren Flüssigkeiten, speciell genommen des Wassers, bei allen Temperaturen stattfindet, die Luft daher stets einen gewissen Antheil Wasserdampf enthält, dieser aber durch Verminderung der Temperatur in so viel grösserer Menge niedergeschlagen wird, je höher die Temperatur vorher und die Verminderung nachher war, hieraus aber die wässerigen Meteore entstehen, so hat man sich stets bemühet, die Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre zu messen, und zu diesem Ende verschiedene Hygrometer in Vorschlag gebracht, von denen aber keins auf die Dauer seinem Zwecke genügt, ausser das von *Daniell* angegebene, und noch besser *August's* Psychrometer.

Der hygroskopischen Substanzen, oder solcher, welche aus der feuchten Atmosphäre den Wasserdampf anziehen und hierdurch feucht werden oder quellen, gibt es eine grosse Menge, und die Beobachtung derselben musste von selbst auf die Erfindung der Hygrometer führen. Es gehören dahin vorzüglich das Kochsalz, frisches Holz, Darmsaiten, Papier, die Grannen mancher Getraidearten und der Pelargonien, Federkiele, Haare u. dgl. Früher standen die Branderschen und die hiernach gemachten Nürnberger Hygrometer mit Darmsaiten vorzüglich in Ansehen, später *Saussure's* Haarhygrometer und *de Luc's* Fischbeinhygrometer aus einem feinen, nach dem Querschnitt gehobelten Streifen Fischbein. Auch gibt ein unpräparirter, sehr dünn geschabter, und entweder spiralförmig geschnittener, oder nur mit Quecksilber gefüllter und mit einer engen, hineingedrückten

Digitized by Google

und festgebundenen Glasröhre versehener Federkiel ein gutes Hygrometer. Diese zeigen anfangs richtig, wenn man sie durch Wasserdampf möglichst feucht macht, nachher unter einer Glocke mit untergesetztem kaustischen Kali oder salzsaurem Kalk völlig austrocknet, und den Punkt, auf welchen sie im ersten Falle zeigen, mit 100, im letzteren mit 0 bezeichnet. Allein alle bis jetzt bekannte hygroskopische Substanzen trocknen sehr bald so aus, dass sie die Feuchtigkeit nicht mehr aufnehmen. *Daniell's* Hygrometer, dessen Beobachtung aber grosse Schwierigkeiten hat, ist daher das einzige auf längere Zeit brauchbare; sicherer und bequemer, auch ungleich wohlfeiler, ist *August's* Psychrometer, zwei neben einander befestigte, correspondirende, empfindliche Thermometer, deren Skalen 0,25 Grade R. zeigen. Die Kugel des einen derselben wird vermittelst etwas umgewundenen Musselin's durch Eintauchen in Wasser befeuchtet, es zeigt daher denjenigen Wärmegrad, bis auf welchen die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, und also keinen mehr aufnimmt; das andere gibt die äussere Temperatur an, der Unterschied beider zeigt den Grad der Feuchtigkeit. Noch einfacher ist es, die Kugel eines empfindlichen Thermometers mit etwas Musselin zu umgeben, dasselbe erst frei und nachher mit Wasser benetzt zu beobachten, um hieraus das eben Angegebene zu erhalten.

§. 97. Ob die Gasarten, eben wie die Dämpfe, aus einer wägbaren Grundlage und dem expandirenden Wärmestoffe bestehen, ist noch nicht bestimmt ausgemacht. Indess wird diese, schon früher von vielen gehegte, Meinung jetzt im höchsten Grade wahrscheinlich, indem verschiedene Gasarten, als Chlorgas, hydrothionsaures und kohlensaures Gas u. a. durch starken Druck bereits flüssig gemacht sind.

B. Licht.

§. 98. Das Licht, welches vorzugsweise die Nerven des Auges afficirt, ist einziges Mittel der Erleuchtung, erzeugt in hinlänglicher Stärke zugleich Wärme und wirkt chemisch.

Digitized by Google

Ein eigentliches Sehen findet bloss durch den Gesichtssinn statt, welcher indess durch das Gefühl, jedoch nur unvollkommen, ersetzt werden kann. Die chemische Wirkung des Lichtes ist sehr auffallend, und wird namentlich in der Färbung der Vegetabilien, der Zerstörung und Veränderung mancher Farben, der Schwärzung des Hornsilbers und vielen andern Erscheinungen wahrgenommen.

§. 99. Das Licht wird von so vielen Körpern und durch so mannigfache Bedingungen entbunden, dass man die Fähigkeit zu leuchten als eine sehr allgemeine ansehen darf. Indess lassen sich die stets Licht gebenden, oder sogenannten selbstleuchtenden, Körper von den dunkeln unterscheiden, welche nur unter gewissen Bedingungen oder überhaupt kein Licht entwickeln.

Stets selbstleuchtende Körper sind die Fixsterne, vielleicht auch die Kometen. Ausserdem leuchten die Körper beim Verbrennen in Folge des hiermit meistens verbundenen Glühens. Beim langsamen Verbrennen einiger Körper (ohne hohe Temperatur) findet ein schwaches, im Dunkeln sichtbares, Leuchten statt, z. B. des Phosphors. Das Leuchten (Phosphoresciren) verschiedener Mollusken und Insekten der See, faulender thierischer und vegetabilischer Körper ist noch nicht genügend erklärt. Ferner wird bei manchen chemischen Verbindungen (explodirenden) Licht entbunden. Die sogenannten *Lichtmagnete* (Phosphoren) leuchten im Dunkeln nach eingesogenem Sonnen- oder elektrischem Lichte, und entbinden auf eigenthümliche Weise Licht, z. B. geschlagener Zucker, Kreide an einem heissen Tiegel gerieben, Glas beim Schleifen, geriebene Edelsteine u. s. w. Hauptsächlich leuchtet die Elektricität.

§. 100. Die Erscheinungen des Lichtes lassen sich am leichtesten durch die Annahme eines eigenthümlichen Lichtstoffes erklären, welcher nach *Euler* aus einem überall verbreiteten, durch seine Schwingungen den Lichteindruck erzeugenden Aether besteht, nach *Newton* aber aus den leuchtenden Körpern ausströmt.

Digitized by Google

Alle gründliche, mit den Erscheinungen hinlänglich vertraute, Optiker kommen darin überein, dass sie eine eigenthümliche Potenz als Ursache der Lichterscheinungen annehmen. Ob *Euler's* oder *Newton's* Hypothese die richtige sey, blieb lange unentschieden, doch ist gegenwärtig die Undulatios- oder Vibrations-Theorie die herrschende. Bei der Demonstration der Phänomene kann man immerhin mit *Newton* von Lichtstrahlen reden, insofern hierdurch bloss die Erscheinungen bezeichnet werden, wenn man darunter auch nach *Euler* und den neueren Physikern die Wellen des Lichtäthers versteht.

§. 101. Die Lichtmaterie, oder vielmehr der Lichtäther, ist auf allen Fall ausserordentlich fein, und durchdringt daher die dichtesten Körper.

Man kann durch das feinste Löchelchen viele tausend Fixsterne zugleich sehen. Am wenigsten durchsichtig sind diejenigen Körper, welche aus den schwersten Atomgewichten bestehen, z. B. die Metalle, oder welche das Licht stark verschlucken, z. B. Kohle. Metalle in Säuren aufgelöset sind durchsichtig, und dünne Goldblättchen mittelst blossen Anhauchens auf eine Glasscheibe geklebt, durchscheinend. Vollkommen durchsichtig ist kein Körper, selbst die Luft nicht. Manche undurchsichtige Körper werden mit durchsichtigen Körpern getränkt durchseinend, z. B. Papier mit Oel.

1) Optik
oder geradlinige Verbreitung des Lichtes.

§. 102. Das Licht verbreitet sich vom leuchtenden Körper geradlinig nach allen Seiten mit gleicher Stärke und einer Geschwindigkeit, welche über 40000 Meilen in einer Secunde beträgt. Die Stärke desselben ist den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional.

Auf der geradlinigen Verbreitung des Lichtes beruhet das Visiren, das einfache und nach entfernten Signalen.

Digitized by Google

Die Geschwindigkeit des Lichtes kann blos aus astronomischen Beobachtungen gefunden werden, indem es den Raum von der Sonne bis zur Erde zu durchlaufen nur 8 Minuten 13,2 Secunden gebraucht.

§. 103. Die Dauer des Lichteindruckes auf das Auge ist nach der Stärke des Lichtes und der Reizbarkeit des Auges verschieden, und beträgt zwischen 10 bis 15 Tertien.

Hierauf beruhen die Erscheinungen, dass eine umgeschwungene Kohle einen leuchtenden Kreis, der Blitz einen ununterbrochenen Strahl bildet u. dgl. m. Betrüge die Dauer des Lichteindruckes auf das Auge nur 6 Tertien, so könnten die einzelnen Lichtpulsus über 4000 Meilen von einander abstehen, und würden dem Auge doch noch als ein ununterbrochenes Ganzes erscheinen. Ist der Eindruck des Lichtes, hauptsächlich des bloss reflectirten, zu kurz dauernd, so werden die Körper nicht gesehen, z. B. geschossene Kugeln.

§. 104. Wenn undurchsichtige Körper das Licht auffangen, so entsteht der Schatten, welcher durch die Grenzen der Erleuchtung wahrgenommen wird. Er ist so vielfach, als Lichtquellen da sind, und der Stärke derselben direct proportional, bezeichnet die Grenzen der undurchsichtigen Körper genau, und ist Kernschatten oder Halbschatten.

Man kann die Intensität des Lichtes leichter nach der Stärke des Schattens als nach der Helligkeit des Lichtes selbst bestimmen; daher die Photometrie durch den Schatten.

2) Katoptrik
oder Zurückstrahlung des Lichtes.

§. 105. Alle Körper werfen von den auffallenden Lichtstrahlen eine gewisse, jedoch bei den verschiedenen Substanzen sehr ungleiche, Menge zurück. Sind ihre Oberflächen polirt, so werfen sie die Lichtstrahlen regelmässig zurück und erzeugen ein Bild.

Digitized by Google

Durch das zurückgeworfene Licht werden die Gegenstände sichtbar, und sind so viel heller, je mehr Licht sie zurückwerfen. Ein völlig schwarzer Körper müsste unsichtbar seyn, die Sichtbarkeit desselben ist aber Folge des reflectirten weissen Lichtes. Auch ein vollkommener Spiegel müsste, obgleich die Bilder der Gegenstände zeigend, an sich unsichtbar seyn; alle Spiegel aber verschlucken etwas Licht, und strahlen etwas unregelmässig reflectirtes zurück, wodurch sie sichtbar werden. Alle sehr glatte Oberflächen sowohl fester als flüssiger, durchsichtiger als undurchsichtiger Körper, spiegeln durch die Reflexion der von ihnen zurückgeworfenen Lichtwellen oder Lichtstrahlen.

§. 106. Bei der Spiegelung gilt das allgemeine Gesetz, dass der Einfallswinkel dem Ausfallswinkel gleich ist.

Unter dem Einfallswinkel versteht man entweder die Neigung gegen die spiegelnde Fläche, oder gegen einen auf den Punkt des Einfalls gefällten Perpendikel. Die letzere Bezeichnungsart ist die ältere, und wird in diesem Buche überall angewandt. Hiernach sind also fig. 17. *ncd; mcd* Einfallswinkel, *ocd; ocd* aber Ausfallswinkel und *dc; dc* die Einfallslothe (*catheti incidentiae*).

§. 107. Bei ebenen Spiegeln bleibt der *Parallelismus* der Lichtstrahlen unverändert, und man kann sich daher vorstellen, es werde der vom Objecte ausgehende Lichtkegel auf der spiegelnden Fläche abgebrochen und ins Auge zurückgeworfen.

Aus diesem Satze lassen sich einfach die gesammten Erscheinungen herleiten, welche ein ebener Spiegel darbietet und für einen Fall durch fig. 17. erläutert werden.

§. 108. Auch das durch Spiegelung erzeugte Bild kann durch einen oder mehrere andere Spiegel abermals reflectirt werden. Das Bild lässt sich daher durch wiederholte Spiegelung nach jedem Orte hin versetzen und durch zwei oder mehrere gegen einander geneigte Spiegel vervielfältigen.

Digitized by Google

Die letztere Erscheinung findet dann statt, wenn die durch einfache und mehrfache Spiegelung reflectirten Lichtstrahlen zugleich in das Auge fallen. Hierauf beruhen die *Spiegelzimmer*, das Nürnberger *Strahlenkästchen* und das nach diesem gebildete *Kaleidoskop*.

§. 109. Die Wirkungen der krummen Spiegel kann man dadurch auf die der ebenen zurückführen, dass man an jedes reflectirende Element derselben eine Tangente legt, und hierdurch den Ort findet, wohin ein einfallender Lichtstrahl reflectirt werden muss.

Die allgemeine Bestimmung der Spiegelung durch die verschiedenen möglichen krummen Spiegelflächen würde hiernach mit unglaublichen Schwierigkeiten verbunden seyn. Bei optischen Werkzeugen kommen aber im Allgemeinen nur sphärische Spiegel vor, welche als Segmente einer hohlen Kugel anzusehen sind. Ist dann die innere Seite polirt, so erhält man einen concaven oder Hohlspiegel; ist dagegen die äussere polirt, einen convexen Spiegel. Es ist dann Fig. 18 cp der Radius des Kreisbogens ab; $a\beta$ die Tangente an das reflectirende Element p; mpc der Einfallswinkel, und $m'pc$ der diesem gleiche Ausfallswinkel.

§. 110. Ein Hohlspiegel vereinigt die nahe bei der Axe einfallenden, mit dieser parallelen, Lichtstrahlen in einen Punkt, welcher der Brennpunkt genannt wird, und um den halben Halbmesser von der Spiegelfläche entfernt ist. Weiter von der Axe einfallende Lichtstrahlen schneiden die Axe näher bei der Spiegelfläche, und hieraus entsteht die Abweichung wegen der Kugelgestalt. Die von den verschiedenen Theilen eines entfernten Objectes ausgehenden, nahe bei der Axe einfallenden, Strahlen müssen daher ein verkehrtes Bild desselben darstellen, welches bei der Sonne der fälschlich so genannte Brennpunkt, richtiger der Brennraum ist, dessen Brennkraft dem Quadrate seines Durchmessers in das Quadrat der Chorde des Spiegels direct und der Entfernung vom Spiegel umgekehrt proportional ist.

Digitized by Google

Wie die Abweichung wegen der Kugelgestalt entstehen müsse, lässt sich durch blosse Zeichnung finden, wenn man für entfernt von der Axe einfallende Strahlen den Ausfallswinkel dem Einfallswinkel auf der an den Einfallspunkt gelegten Tangente gleich macht. Aus ihr ist erklärlich, warum die Spiegel der Teleskope so lange Brennweiten haben, und warum es so schwer ist, grosse Brennspiegel zu verfertigen. *Büffon* versuchte den Brennspiegel des *Archimedes* aus kleinen ebenen, neben einander zur gehörigen Krümmung gefassten Spiegeln herzustellen.

§. 111. Indem aus dem bisher Gesagten hervorgeht, dass sehr weit entfernte Objecte im Hohlspiegel ein vor demselben liegendes verkehrtes Bild erzeugen müssen, so folgt gleichfalls, dass bei grösserer Nähe des Objectes das Bild weiter vom Spiegel rückt, mit dem Objecte in der Entfernung des Halbmessers des Spiegels zusammenfällt, ganz verschwindet, wenn das Object in den Brennpunkt kommt, gerade und vergrössert wird, wenn das Object über den Brennpunkt hinaus sich dem Spiegel nähert.

Diese wichtigen Sätze lassen sich leicht durch geometrische Construction anschaulich machen, wenn in fig. 18 und fig. 19 die Axe des Spiegels und die Radien cp, cp.... nach denjenigen Punkten des Spiegels gegeben sind, wohin die Lichtstrahlen von dem Objecte fallen, und man die Ausfallswinkel den Einfallswinkeln gleich macht, woraus dann von selbst das Bild $m'n'$ des Objectes mn und der Ort desselben folgt.

§. 112. Für convexe Spiegel nimmt man zur leichteren Demonstration und der Natur der Sache gemäss einen negativen Brennpunkt an. Die Construction zeigt auf gleiche Weise, dass sie gerade und verkleinerte, hinter dem Spiegel liegende, Bilder zeigen müssen.

In Fig. 20 ist c der Mittelpunkt der hohlen Kugel, wovon der Spiegel einen Theil ausmacht; cp, cp sind Radien, f ist der negative Brennpunkt, mpc und npc; fpc und fpc zeigen die negativen Einfalls- und Ausfallswinkel.

Digitized by Google

§. 113. Regelmässig gekrümmte Spiegel müssen sonach die Bilder regelmässig vergrössern oder verkleinern; unregelmässig gekrümmte dagegen, so wie theils gerade theils gekrümmte Spiegel geben verzerrte Bilder, oder von Objecten, die den Krümmungen der Spiegel entgegengesetzt verzerrt sind, regelmässige Bilder.

Die letzteren, durch cylindrische und konische Spiegel hervorgebracht, nennt man *katoptrische Anamorphosen*.

3) *Dioptrik*
oder Brechung des Lichtes.

§. 114. Wenn ein in geradliniger Bahn sich bewegender Lichtstrahl auf einen durchsichtigen Körper fällt, so wird er von der Oberfläche desselben auf eine eigenthümliche Weise so afficirt, dass seine Richtung von diesem Punkte an sich mehr oder minder ändert, oder er wird gebrochen, da diese Ablenkung von seiner geraden Bahn in der Oberfläche selbst eintritt, und daher einem Abbrechen gleicht. Dieses findet allezeit statt, wenn der im leeren Raume oder in einem gleichmässig dichten Körper geradlinig fortgehende Lichtstrahl in einen andern ungleich dichten oder aus diesem in den leeren Raum übergeht, und zwar so, dass er dem Einfallslothe sich nähert, wenn er aus einem weniger brechenden Mittel in ein stärker brechendes eintritt, und umgekehrt.

Für einen jeden Körper von einer gewissen brechenden Kraft findet ein beständiges Verhältniss zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels statt, oder es ist $\sin. i : \sin. r = n$. Indem n für Wasser nahe $= 4/3$, für Glas $= 3/2$ ist, so zeigt fig. 21, wie ein von n ausgehender Lichtstrahl nach g oder nach k gebrochen werden muss, wenn ab die das Wasser oder das Glas begrenzende Ebene bezeichnet. Für Glas ist nämlich mn der Einfallssinus, und $m2 = hk$ der Brechungssinus, deren Verhältniss 3 : 2 für alle Winkel gleich bleibt.

Digitized by Google

§. 115. Durch mühsame Versuche hat man die brechende Kraft der verschiedenen Körper aufgefunden, welche für gleiche Körper der Dichtigkeit derselben proportional, für ungleiche von ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit nach bis jetzt noch nicht bekannten Gesetzen abhängig ist.

Eine starke lichtbrechende Kraft haben die verbrennlichen Körper, die stärkste der Diamant, woraus *Newton* seine Brennbarkeit folgerte. Dass sich die Brechung zuletzt in Zurückstrahlung verwandeln müsse, da der Brechungssinus nicht grösser als sin. 90° oder 1 werden kann, lässt sich durch Fig. 21 anschaulich machen, wenn man bei gleichbleibendem Verhältnisse zwischen $n\,m : k\,h$ die Linie $h\,c\,n$ in c drehbar betrachtet, und von h nach b bewegt.

Die Brechung zeigt sich bei einer in Wasser getauchten Glasröhre, dem Schiessen der Fische im Wasser, bei einer Münze, welche durch die Ränder des Gefässes, worin sie liegt, unsichtbar, durch hineingegossenes Wasser sichtbar wird, durch eine Schrift, welche unter eine dicke Glasscheibe gelegt der Oberfläche näher zu kommen scheint u. dgl. m.

§. 116. Wenn Körper von ungleicher brechender Kraft über einander liegen, so wird der durchgehende Lichtstrahl eine krumme Linie beschreiben. Am häufigsten ist dieses der Fall bei den ungleich dichten Luftschichten, und hierauf beruhet die astronomische sowohl als auch die irdische Strahlenbrechung.

Die Brechung des Lichtes in der ungleich erwärmten Luft über brennenden Kohlen, neben geheitzten Oefen, vor den Oeffnungen geheitzter Backöfen, beim Ausströmen aus stark geheitzten Zimmern, über Ziegel- oder Schiefer-Dächern bei starker Sonnenhitze u. s. w. erzeugt die flimmernden Bilder. Vorzüglich werden hieraus die Erscheinungen der sogenannten Luftspiegelung (*mirage*) erklärlich.

§. 117, Ist ein brechender Körper von parallelen Flächen begrenzt, so leidet der durchgehende Lichtstrahl

Digitized by Google

auf beiden Seiten eine entgegengesetzte Brechung, deren eine die andere aufhebt. Sind aber die Flächen nicht parallel, so wird der Lichtstrahl nach der dickeren Seite hin gebrochen werden.

Den einfachsten Fall erläutert Fig. 22 der Durchschnitt des Prisma, welcher ein gleichschenkliges Dreieck *A B C* bildet. Der einfallende Lichtstrahl *Dk* würde ungebrochen in *p* anlangen, durch die Brechung gelangt er nach *t*, und von dort nach *o*. Kennt man den Winkel *s* und *α*, so lässt sich die brechende Kraft des Körpers finden, woraus das Prisma verfertigt ist. Hieraus folgt, dass Gegenstände durch ein Prisma oder ein Glas mit nicht parallelen Flächen gesehen, ihren Ort verändern müssen. Geschieht dieses bei mehreren Punkten des nämlichen Objectes, so erhält man ein Zerrbild, und durch gehörige Verzerrung des Objectes ein ordentliches Bild, worauf die *dioptrischen Anamorphosen* beruhen.

Verwandelt sich (§. 115.) die Brechung in Zurückstrahlung, so wird alles Licht reflectirt. Man benutzt daher nach *Newton's* Vorschlage geeignete Prismata *abcd* Fig. 33 statt der Oculare in Fernröhren und Patentboussolen, zu der *Wollaston'schen camera lucida*, wobei der Lichtstrahl die Richtung $\alpha\beta\gamma\delta$ erhält, durch Umkehrung und Hinleitung des Bildes in einen dunkeln Raum aber zur *camera obscura*, und zu sonstigen Apparaten.

§. 118. Durchsichtige Körper mit unregelmässig gekrümmten Flächen müssen hiernach verzerrte, mit regelmässig gekrümmten aber regelmässig veränderte Bilder geben. Am bekanntesten in dieser Hinsicht sind die von sphärisch gekrümmten Flächen begrenzten Linsengläser, deren es sechs Arten gibt, nämlich das biconvexe, planconvexe und concavconvexe oder den Meniscus; dann das biconcave, planconcave und convexconcave. Die ersteren heissen Sammlungsgläser, die letzteren Zerstreuungsgläser.

Bei der Brechung kommen die Halbmesser der Krümmung und die brechende Kraft des Glases in Betrachtung. Für die ebene Fläche ist der Krümmungshalbmesser un-

Digitized by Google

endlich, beim Meniscus ist der Halbmesser der concaven Fläche der grösste, bei der convexconcaven Linse umgekehrt.

§. 119. Aus der brechenden Kraft des Glases und der Gestalt der Linsen folgt, dass mit der Axe parallele Lichtstrahlen im Brennpunkte vereinigt werden müssen, und dass die von den verschiedenen Theilen des Objectes ausgehenden ein verkehrtes Bild erzeugen, welches für sehr entfernte Objecte im Brennpunkte liegt, bei grösserer Nähe derselben sich weiter entfernt, und bei ihrem Eintritte in den Brennpunkt unendlich weit entfernt wird, oder verschwindet. Bei concaven Linsen nimmt man einen negativen Brennpunkt an.

Bei Linsengläsern kommt die Abweichung wegen der Kugelstalt gleichfalls in Betrachtung (§. 110.), daher die langen Brennweiten der Objectivlinsen.

Vernachlässigt man die Dicke der Linse, ist das Brechungsverhältniss des Lichtes aus Luft in Glas $= 1 : n$, und heissen die Radien R und r, so ist für weit herkommende Lichtstrahlen allgemein die Brennweite $f = \frac{R\,r\,n}{(R+r)\,(1-n)}$ also, wenn $n = \frac{3}{2}$, für biconvexe Linsen $f = r$ (weil $R = r$), für den Meniscus $f = \frac{2\,R\,r}{R-r}$ (weil R negativ), für planconvexe $f = 2r$, (weil $R = \infty$). Ist aber die Entfernung eines Objectes von der Linse $= b$, der Abstand des Bildes von derselben $= d$, so ist $d = \frac{bf}{b-f}$. Convexe Linsen geben daher im Brennpunkte ein verkleinertes Bild der Sonne, welches der Linse nicht näher liegen kann, als in der Entfernung des gemeinschaftlichen Halbmessers, mithin doppelt so weit entfernt ist, als bei Brennspiegeln. Indess sind Brennlinsen bequemer zu handhaben.

Die Bilder ff, welche hinter convexen Linsen nach Fig. 84 erzeugt werden, lassen sich auf Papier, einer weissen Wand u. s. w. auffangen, und sind in dem inwendig schwarzen Rohre der Teleskope in der Luft

Digitized by Google

schwebend sichtbar. Wie dem Auge das Bild *f f* des Objectes *S S* erscheint, zeigt für convexe Linsen von kurzen Brennweiten (Loupen) Fig. 25 und für concave Fig. 26, welche beide nur einige Hauptlichtstrahlen enthalten.

4) Zerstreuung des farbigen Lichtes.

§. 120. Bei der Brechung des Lichtes durch prismatische durchsichtige Medien wird dasselbe in sieben farbige Theile zerstreuet, welche durch ungleiche Brechung entstehen, und von dem am stärksten gebrochenen violetten durch dunkelblau, hellblau, grün, hellgelb, dunkelgelb (oder orange) zum rothen übergehen. Da eine wiederholte Brechung keine von diesen Farben weiter zu verändern vermag, sie sämmtlich aber vom Auge als merklich verschieden erkannt werden, so ist es am natürlichsten, diese als einfache anzusehen.

Hinter dem Prisma erscheint das Sonnenbild nicht rund, sondern länglich, welches eine Folge der ungleichen Brechung des Lichtes ist. Ein geeignetes Linsenglas vereinigt das farbige wieder zu weissem Lichte. Ein Prisma gegen den heiteren Himmel gerichtet zeigt keine Farben, wohl aber an den Rändern der gesehenen Objecte, weil durch diese die übrigen Lichtstrahlen abgeschnitten werden. Blaues und gelbes Licht bringen zwar auch grünes hervor, allein dieses wird durch ein Prisma wieder zerlegt, und ist also nicht einfach; auch ist das homogene grüne und violette Licht vom zusammengesetzten kenntlich verschieden.

§. 121. *Newton* nahm an, das weisse Licht sey aus sieben farbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt, zugleich aber bestimmte er durch unverbesserlich genaue Messungen die Grösse und das Brechungsverhältniss dieser einfachen Farbenbilder im Spectrum.

Newton theilte die doppelte Länge des Spectrums, die Bögen an den Enden nicht mitgerechnet, in 720 Theile, und fand, dass Violett 80, Indigo 40, Blau

Digitized by Google

60, Grün 60, Gelb 48, Orange 27, Roth 45 solcher Theile einnehmen. Ferner setzte er bei Prismen aus *Crown*-Glas den Einfallssinus = 1, und fand den Brechungssinus für Roth = 1,54 bis 1,5425, für Orange bis 1,544, für Gelb bis 1,54667, für Grün bis 1,55, für Blau bis 1,5583, für Indigo bis 1,5555, für Violett bis 1,56. Indess ist die Farbenzerstreuung bei den verschiedenen Körpern verschieden. *Fraunhofer* hat regelmässige Streifen im sehr hellen und vergrösserten Spectrum entdeckt, welche zu wichtigen Untersuchungen über das Wesen des Lichtes geführt haben.

§. 122. Die verschiedenen Körper haben die Fähigkeit, das durchgehende Licht sowohl, als auch das reflectirte, auf eine eigenthümliche Weise so zu modificiren, dass es eine einfache, oder eine gemischte Farbe zeigt. Am meisten ist dieses der Fall bei den Pigmenten, deren Farbe aber nie ganz rein ist. Alle Farben vereinigt geben weisses Licht, die Abwesenheit aller Farbe ist schwarz.

Farbe, im strengsten Sinne, ist farbiges Licht, wie im Prisma, im Regenbogen u. s. w.; die sogenannten Farben oder Farbenstoffe (Pigmente) modificiren das auffallende und durchgehende Licht so, dass der Eindruck des farbigen Lichtes im Auge entsteht. Die Farbe eines Pigments ist indess nie ganz rein, sondern allezeit etwas schmutzig, weil jedes einzelne Pigmenttheilchen zugleich einen Schatten gibt, auch lassen durchsichtige gefärbte Körper nur vorzugsweise gefärbtes, zugleich aber auch weisses Licht durch sich hindurch, weswegen sie, vor das Auge gehalten, die Körper in ihrer verschiedenen Färbung erkennen lassen. Je tiefer ein Lichtstrahl in den gefärbten Körper eindringt, und je weniger weisses Licht von der Oberfläche des letzteren reflectirt wird, um so mehr nimmt jener die Farbe des Körpers an.

Manches Farbenspiel wird bloss durch die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper erzeugt, z. B. bei Perlmutter. Das Schillern entsteht durch einen unsteten Wechsel der Farben als Folge der Reflection des verschiedenen Lichtes nach der Verschiedenheit der Richtung

Digitized by Google

des Auffallens desselben. Die Vereinigung des verschiedenfarbigen Lichtes erzeugt die zusammengesetzten Farben, die Vereinigung aller farbigen Strahlen gibt Weiss. Daher die *Farbenspindeln*, die jedoch nur wenig genaue Resultate geben.

5) *Beugung des Lichtes.*

§. 123. Wenn ein feiner Strahl des weissen Lichtes durch einen engen Raum zwischen zwei scharfen Blechen durchgehend in einem dunkeln Zimmer aufgefangen wird, so entsteht an der gegenüberliegenden Wand ein mit der Entfernung an Breite zunehmender Lichtstreifen, welcher in der Art Farben zeigt, dass die rothen nach aussen, die violetten aber nach innen liegen. Ist dagegen der durchgehende Strahl einfaches farbiges Licht, so enthält das Bild abwechselnde Streifen von Licht und Schatten.

Die Farben werden am leichtesten erkannt, wenn man den durch einen Spiegel reflektirten, durch eine feine Spalte zwischen zwei Blechen durchgehenden Sonnenstrahl auf einer mattgeschliffenen Glastafel auffängt. *Fraunhofer* vervielfältigte die entstehenden Bilder, indem er den Lichtstrahl durch mehrere sehr feine parallele Ritzen durchgehen liess, und erklärte sehr scharfsinnig diese gesammten Erscheinungen aus der Theorie der Lichtwellen. Eine ähnliche interessante Erscheinung gibt der einfache Versuch, wenn man durch die Fahne einer feinen Feder, am besten von einem Heher, gegen die Sonne sieht, und eine Menge übereinander liegender Spectra wahrnimmt.

§. 124. Wird ein feiner Körper in einen einfach farbigen oder weissen Lichtstraht gehalten, so wirft derselbe durch Abbeugung des Lichtes einen breiteren Schatten an die Wand, als seiner Dicke proportional ist. Zugleich aber werden um denselben andere Lichtstrahlen gebogen, welche in einzelnen Streifen in seinen Schatten fallen. Diese Zusammenbiegung findet auch bei dickeren Körpern statt, ist aber dann verhältnissmässig schwächer.

Digitized by Google

Aus dieser Beugung des Lichtes erklärt man den Lichtsaum um den Mond bei centralen Sonnenfinsternissen, die flimmernden prismatischen Farben des hellen Sonnenlichtes, wenn es an feinen Haaren oder an den Rissen in neuen Fensterscheiben hin streift u. a. m.

6) Doppelte Brechung des Lichtes.

§. 125. Verschiedene durchsichtige Krystalle haben die Eigenschaft, die durchgehenden Lichtstrahlen in zwei Theile zu spalten, wovon der eine die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, der andere aber ungewöhnliche befolgt. Am auffallendsten und stärksten ist diese Erscheinung beim sogenannten Doppelspath (kohlensauren Kalkspath, Isländischen Spath).

Man nimmt diese doppelte Brechung des Lichtes am leichtesten wahr, wenn man einen hellen, etwas dicken, rhomboidalen Kalkspath auf weisses Papier mit einem schwarzen Punkte oder mit einem rechtwinkeligen Dreiecke legt, und über diesen Figuren herumdrehet, wobei man deutlich wahrnimmt, dass die Quantität des Lichtes unter beide Bilder vertheilt wird, und dass die doppelte Brechung durch die Hauptkrystallisationsaxe, welche vom einen stumpfwinkeligen Eck zum andern läuft, bedingt wird.

7) Polarisirung des Lichtes.

§. 126. Wenn das Licht auf spiegelnde Flächen, am besten durchsichtiger Körper, unter einem Winkel von 54° 35′ fällt, so erleidet es eine eigenthümliche Veränderung, welche von *Malus*, dem Entdecker dieser Erscheinung, Polarisation genannt ist.

Die einfachste, zuerst entdeckte, Erscheinung ist, dass der durch eine, auf der hintern Seite mit Tusche geschwärzte, Glasplatte polarisirte Lichtstrahl von einer zweiten, und jener parallelen, aufgefangen deutlich reflectirt wird, aber verschwindet, wenn man die zweite

Digitized by Google

Platte um den polarisirten Lichtstrahl bis zu einem Winkel von 90° umdrehet, bei 180° seine anfängliche Helligkeit wieder erhält, und bei 270° abermals verschwindet. Am besten lässt sich hierzu die Flamme eines kleinen Wachslichtes benutzen. Der Polarisationswinkel ist nicht bei allen durchsichtigen Körpern gleich, der angegebene gehört dem Glase zu, dessen man sich in der Regel bedient.

§. 127. Geht der polarisirte Lichtstrahl, ehe er von der zweiten Platte reflectirt wird, durch vollkommen krystallisirte durchsichtige Körper in sehr dünnen Blättern, welche mit der Hauptkrystallisationsaxe parallel geschnitten oder gespalten sind, so zeigt sich beim Umdrehen ihrer Krystallisationsaxe um den polarisirten Lichtstrahl ein vierfacher Wechsel der Intensität desselben, deren jeder um 45° vom früheren entfernt ist. Bei dünnen Blättchen, namentlich des blätterigen Gypses von Mont-Martre, entstehen hierbei glänzende Farben, welche viermal in abwechselnden, um den genannten Winkel von einander abstehenden Lagen entstehen und verschwinden.

Die dünnsten Blättchen des Gypses zeigen die schönsten und reinsten Farben, von den allerdünnsten Theilen, welche Weiss und Schwarz zeigen, bis zur Dicke von 0,25 Lin., bei denen keine Farbe mehr stattfindet. Mehrere Blättchen übereinander gelegt geben vermischte und minder reine Farben.

§. 128. Der Winkel, welchen der polarisirte Lichtstrahl mit der Fläche der Blättchen bildet, ändert die Farben nicht, wovon aber der Glimmer wegen seiner doppelten Krystallisationsaxe eine Ausnahme macht. Wird der zweite parallele Spiegel oder die Krystallisationsaxe des Blättchens um den polarisirten Lichtstrahl gedrehet, so entsteht bei 90° und 270° die complementäre Farbe der bei 0° und 180° bestehenden, indem zugleich bei 45° Abstand von diesen Winkeln die Farbe ganz verschwindet.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass Blau und Gelb, Grün und Roth einander zugehören, desgleichen

Digitized by Google

die helle Farbe allezeit der complementären dunkeln und umgekehrt. Legt man die dünnen Blättchen auf eine an der hintern Seite mit Tusch geschwärzte Spiegelscheibe, und lässt man das von weissen Wolken reflectirte Licht im gehörigen Winkel darauf fallen, so erhält man ähnliche, aber minder helle Farbenerscheinungen.

§. 129. Geht der polarisirte Lichtstrahl durch unvollkommen krystallisirte Körper, namentlich dicke, nach dem Glühen schnell abgekühlte, Glasstücke oder mehrere aufeinandergelegte Glasscheiben, so entstehen verschiedene Farben mit einem schwarzen, oder für die complementären Farben mit einem weissen Kreuze.

Die Form und Lage der Farbenbilder wird durch die Form der Körper bedingt, auch entsteht ein schwarzes Kreuz in dicken Glasstücken durch Erhitzung einer oder zweier gegenüberstehender Ränder, oder durch starke Compression. Ueberhaupt gehören diese Erscheinungen unter die schönsten, aber für die Erklärung schwierigsten der Lichtpolarisation.

§. 130. Solche spiegelnde Körper, namentlich Metalle, in deren Innerstes das Licht weniger oder gar nicht eindringt, zeigen die Phänomene in einem weit geringeren Grade.

8) *Farbenerzeugung durch dünne Lagen.*

§. 131. Alle sehr dünne Lagen der Körper, vorzugsweise der durchsichtigen, wenn sie an einer oder an zwei Seiten von andern durchsichtigen Körpern begrenzt sind, geben durch Reflection des Lichtes ein eigenthümliches Spiel grösstentheils sehr lebhafter prismatischer Farben.

Diese sehr mannigfaltigen Erscheinungen zeigen sich namentlich beim Anlaufen des Stahls und der anfangenden Oxydirung anderer Metalle, indem eine sehr dünne Lage Oxyd gebildet wird; beim Schillern der Fischschuppen u. s. w. Am schönsten nimmt man das Farbenspiel wahr bei Seifenblasen, wenn man sie gegen das

Digitized by Google

Licht hält, bei den durch die Sonnenstrahlen verdorbenen Fensterscheiben, beim Irisiren des zersplitterten Glases, Quarzes u. dgl.

§. 132. *Newton* legte eine convexe Linse von langer Brennweite auf ein völlig ebenes Glas, erhielt dann im Punkte der Berührung einen schwarzen Fleck, welcher zunächst von einer weissen Kreisfläche und dann von concentrischen Kreisen mit prismatischen Farben umgeben war. Aehnliche Kreise geben zwei fest aufeinandergedrückte Spiegelglasscheiben oder Prismen.

Einen schwarzen Fleck im Berührungspunkte zweier Glasflächen kann man leicht erhalten, wenn man eine convexe Linse auf eine Spiegelfläche legt und etwas fest andrückt, zur Erzeugung der Farbenkreise aber sind unsere Linsen wegen zu kurzer Brennweiten nicht geeignet, leicht aber erhält man sie in nicht regelmässiger Form zwischen zwei aufeinandergelegten und etwas festgedrückten Spiegelglas-Scheiben oder Prismen. Durch eine Loupe oder ein Prisma besehen werden sie deutlicher. Die erste helle Farbe entsteht beim Abstande der Flächen, welcher nicht mehr als $\frac{1}{178000}$ eines engl. Zolles beträgt. Lässt man das Licht nicht reflectirt werden, sondern durchfallen, so erscheint der schwarze Fleck weiss, der weisse Ring schwarz und statt der vorherigen Farben erhält man die complementären.

§. 133. Die Farbenkreise erscheinen auch im luftleeren Raume, desgleichen wenn Wasser oder ein sonstiger durchsichtiger Körper sich zwischen den Glasflächen befindet. Fällt einfaches prismatisches Licht auf die Farbenkreise, so erscheinen sie in diesen einfachen Farben, und ihre Zwischenräume sind dunkel.

Newton theilt die Farben, welche sich in den Farbenkreisen wiederholen, in gewisse Ordnungen, welche mit der wachsenden Entfernung wechseln. Die Farben der dünnen Blättchen im polarisirten Lichtstrahle §. 127. zeigen einen ganz gleichen Wechsel bei zunehmender

Digitized by Google

Dicke der Blättchen, bedingt durch das Brechungsvermögen der Körper, woraus sie bestehen.

9) *Gefärbte Schatten.*

§. 134. Wird der an sich schwarze Schatten von schwachem Lichte erleuchtet, so erscheint er farbig. Vorzüglich gehört hierhin die blaue Farbe, welche das schwache Tageslicht des Morgens und Abends dem durch Kerzenlicht erzeugten Schatten ertheilt, und umgekehrt die gelblich rothe, welche dem Schatten des schwachen Tageslichtes durch Kerzenlicht ertheilt wird.

Wahrscheinlich sind die Farben der Schatten bloss subjective oder physiologische.

10) *Subjective Farben.*

§. 135, Oft entstehen Licht- und Farben-Erscheinungen im Auge durch den starken oder anhaltenden Lichtreiz anderer Farben, durch äusseren mechanischen Druck gegen das Auge, durch Congestionen des Blutes oder durch krankhaften Zustand der Nerven.

Am häufigsten und lebhaftesten zeigen sich die subjectiven Farben, wenn man gefärbte Gegenstände anhaltend in starkem Lichte betrachtet. Man kann (mit gehöriger Vorsicht, um den Augen nicht zu schaden) die Versuche am besten anstellen, wenn man mit dem Rücken gegen die helle Sonne gerichtet, von ihr erleuchtete farbige Bänder auf weissem Papiere betrachtet, und zur Verstärkung der Anstrengung des Sehens die Fäden zählt, dann die Bänder schnell wegnimmt, in welchem Falle das Auge die Bänder in der subjectiven Farbe wahrzunehmen glaubt. Auch hierbei erzeugt die gelbe, oder auch nur die gelblich weisse Farbe Blau, die grüne Roth, die helle die dunkle und umgekehrt. Beobachtet man die doppelten Bilder, welche eine dicke gefärbte Glasscheibe von einem dünnen Stabe gibt, den man an

Digitized by Google

oder über dieselbe hält, so hat das eine die Farbe des Glases, das andere die complementäre. Sieht man anhaltend durch gefärbte Gläser, und nimmt diese dann weg, so erscheint sogleich die complementäre Farbe. Die Ursache liegt höchst wahrscheinlich darin, dass das Auge gegen diejenige Farbe im weissen Lichte unempfindlich wird, welche einzeln vorher einen sehr starken Eindruck machte, oder im Augenblicke des Beobachtens das Auge stark afficirt.

11) Theorie der optischen Erscheinungen.

§. 136. Bei der Erklärung der bisher beschriebenen optischen Erscheinungen legt man eine der oben §. 100. angegebenen Theorieen zum Grunde, keine derselben vermogte aber bis jetzt die andere ganz zu verdrängen.

Im Ganzen ist die Erklärung des gesammten Verhaltens des Lichtes nach *Newton's* Hypothese zwar möglich, einige Erscheinungen aber erfordern zur Erklärung willkührliche Voraussetzungen, andere sind überall mit derselben nicht vereinbar. Gegenwärtig ist die Undulationstheorie allgemein als die richtige anerkannt.

12) Optische Werkzeuge.

a) Der optische Kasten.

§. 137. Fällt das Licht von einem horizontal liegenden Bilde gegen einen ebenen Spiegel, welcher um 45° gegen den Horizont geneigt ist, so scheint das Bild aufrecht hinter dem Spiegel zu stehen. Wird das Bild dann durch eine convexe Linse weiter entfernt und zugleich vergrössert (§. 119.), so gibt dieses eine bekannte optische Täuschung, welche man auch ohne Spiegel noch einfacher erreicht, wenn man die Bilder in den Brennpunkt einer biconvexen Linse bringt. Man schliesst diesen Apparat in einen Kasten ein, um den Mechanismus zu verbergen und das übrige Licht auszuscheiden.

Digitized by Google

Die gewöhnlichen Kasten (Guckkasten) werden durch Kerzenlicht erleuchtet, und die Bilder dabei auf Walzen aufgerollt, wodurch die Gegenstände oft sich zu bewegen scheinen und leicht wechseln.

b) Camera obscura und clara.

§. 138. Die *camera obscura* bestand anfangs aus einem dunkeln Zimmer, in welches die Bilder der Gegenstände durch eine enge Oeffnung fielen und von der Wand ins Auge reflectirt wurden. Später nahm man Kasten, liess das Licht durch eine Sammlungslinse hineinfallen, und zur Bequemlichkeit des Zeichnens durch einen Spiegel auf das untergelegte Papier reflectirt werden. *Reinthaler* liess die Bilder nach oben auf eine mattgeschliffene Glastafel fallen, und nannte diesen Apparat *camera clara*. Statt des Spiegels und der Linse nahm *Chevallier* ein reflectirendes Prisma (§. 117.) mit einer convexen Oberfläche. *Daguerre* machte die Erfindung, die so erzeugten Bilder durch die chemische Wirkung des Lichtes auf gehörig präparirten übersilberten Kupferplatten darzustellen.

Der Erfinder der camera obscura ist *Joh. Bapt. Porta* aus Neapel im 16ten Jahrhundert, und seine Vorrichtung bestand aus einem kleinen verdunkelten Zimmer, in welchem der Beobachter die durch eine enge Oeffnung einfallenden, auf einer weissen Wand verkehrt dargestellten, Bilder der ausserhalb befindlichen Gegenstände wahrnahm. Die später üblichen beweglichen Kasten benutzt man hauptsächlich zum Zeichnen. Man nennt einen solchen camera obscura portabilis.

c) Camera lucida.

§. 139. Die Camera lucida, von *Wollaston* vorgeschlagen, empfiehlt sich durch ihre Kleinheit und die Klarheit der erzeugten Bilder. Sie besteht im Wesentlichen aus einem bequem gefassten reflectirenden Prisma.

Aus der in §. 117. Fig. 23 erläuterten Reflection der Lichtstrahlen im *Newton'schen* Prisma ergibt sich die

Digitized by Google

Construction der camera lucida von selbst, wenn man berücksichtigt, dass bei einem solchen, an einem Stative gehörig befestigten, die in der Richtung $\alpha\beta$ liegenden entfernten Gegenstände durch das in δ befindliche Auge in der Richtung $\delta\gamma$ gesehen werden, die Bilder also auf ein unten liegendes Blatt Papier projicirt, und daselbst gezeichnet werden können, indem man neben dem Prisma herabsehend die Spitze des Bleistiftes mit blossem Auge gleichzeitig erblickt. Es folgt ferner aus dem Anblicke der Zeichnung, dass dieses Werkzeug mehr für eine Reihe von Objecten geeignet ist, welche in weite Entfernung ausgedehnt sind, als für solche, die in der Breite nebeneinander liegen. Zum Zeichnen von Landschaften eignet sich vorzüglich ein etwas convexer schwarzer Glasspiegel, welcher scharfe verkleinerte Bilder entfernter Gegenstände nach §. 112 perspectivisch darstellt.

d) Das Auge.

§. 140. Das Auge der Menschen und der warmblütigen Thiere besteht aus verschiedenen Häuten und Flüssigkeiten, ist durch sechs Muskeln in der Augenhöhle beweglich, und gegen äussere Verletzungen durch die Umgebung der Knochen möglichst gesichert.

Der Augapfel wird umschlossen durch eine dicke Haut, *tunica sclerotica*, deren vorderer, durchsichtiger, harter Theil *t. cornea*, heisst. Erstere umschliesst die Aderhaut *t. choroidea*, welche inwendig schwarz ist, um die Reflection des Lichtes im Auge aufzuheben. An diese schliesst sich vorn die inwendig gleichfalls schwarze Traubenhaut, *t. uvea*, deren vorderer verschiedenfarbiger Theil, Iris, inwendig eine veränderliche Oeffnung, die Sehe, Pupille, hat. Hinter ihr liegt die Krystalllinse, eine biconvexe Linse, welche aus sehr zarten Lamellen mit zwischenliegender höchst klarer Feuchtigkeit besteht. Im hintern Theile des Auges tritt der Sehnerv ein, und breitet sich als Netzhaut, *t. retina*, überall in der hinteren Hälfte des Auges aus. Ausserdem ist der Raum

Digitized by Google

des Auges erfüllt vorn mit der wässerigen Flüssigkeit, um die Linse mit der morganischen, hinter derselben mit der gläsernen Flüssigkeit.

§. 141. Die Erzeugung der Bilder im Auge gleicht der in der *camera obscura*. Vorzüglich wichtig ist hierbei die Wirkung der Krystall-Linse, welche grösstentheils den Zustand der Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit bedingt, oder, wenn sie ganz fehlt, durch die sogenannte Staarbrille ersetzt werden muss.

Die von den Objecten ausgehenden Lichtstrahlen erzeugen auf der Retina insbesondere durch die Wirkung der Linse ein Bild (§. 119.). Von den beiden nothwendigen Hindernissen der Erzeugung eines scharfen Bildes wird das eine, nämlich die Abweichung wegen der Kugelgestalt, durch die grössere Dichtigkeit der Krystallfeuchtigkeit in der Mitte der Linse aufgehoben; und das andere, die Farbenzerstreuung, ist so geringe, dass sie gewöhnlich gar nicht wahrgenommen wird. Weil aber die durch biconvexe Linsen erzeugten scharfen Bilder in grössere oder geringere Entfernung hinter die Linse fallen, je näher oder entfernter das Object ist, die Retina aber, wohin das Bild fallen muss, um durch den Eindruck auf diese Nerven wahrgenommen zu werden, sich in einem festen Abstande von der Linse befindet, so muss es einen bestimmten Abstand des Objectes vom Auge geben, aus welchem ohne Weiteres ein scharfes Bild erzeugt wird. Man nennt diesen die *distantia visionis distinctae* (gehörige Gesichtsweite) und setzt ihn im Mittel auf 8 oder 10 Par. Zoll. Bedeutende Abweichungen hiervon geben das kurzsichtige und das weitsichtige Auge, bei denen der beständige Fehler durch concave oder convexe Linsen, am besten nach *Wollaston* durch periskopische (convex-concav und Meniscus) corrigirt wird. Das gesunde Auge sieht indess Gegenstände in sehr ungleichen Entfernungen, und besitzt ein noch nicht genau bekanntes Mittel, sich hierfür (nach Art der Fernröhre) einzurichten.

Digitized by Google

§. 142. Auf welche Weise die auf der Netzhaut erzeugten Bilder an sich, und hinsichtlich der Farben, empfunden werden, ist bis jetzt noch unbekannt. Ausserdem ist das Sehen bei sehr ungleicher Stärke des Lichtes möglich, und das Nichtsehen kein Beweis gänzlicher Abwesenheit des Lichtes.

Einige glauben, der Reiz des Gesichtsnerven beruhe auf der erwärmenden und chemisch wirkenden Kraft des Lichtes. Man kann ihn auch, ähnlich dem Schalle, vom Stosse der Lichtwellen ableiten.

Die Erweiterung und Zusammenziehung der Pupille dient zum Sehen bei wenigem und vielem Lichte. Das schwächste und stärkste Licht, wobei es möglich ist zu lesen, das des Vollmonds und der Mittagssonne, verhält sich wie 1 : 300000.

§. 143. Die Bestimmung der Entfernung, Grösse und Lage der gesehenen Gegenstände beruhet grösstentheils auf Urtheilen unserer Seele, ohne welche es nicht möglich seyn würde, perspectivisch gezeichnete Gegenstände zu erkennen, oder die verschiedenen Gegenstände durch Gemälde darzustellen. Hieraus werden die optischen Täuschungen erklärlich.

Die Convergenz der beiden Linien, welche man von den äussersten Enden eines gesehenen Objectes im Auge vereinigt denken kann, heisst der *optische Winkel.* Wird dieser im Mittel kleiner als 40 Secunden, so entsteht kein Bild, und der bloss erleuchtete Gegenstand verschwindet, der selbst leuchtende aber erzeugt nur einen Lichtreiz. Die senkrechte Ebene, worin die verlängerten Axen der auf ein Object gerichteten Augen einander schneiden, heisst *Horopter.* Indem die beiden, in jedem Auge besonders erzeugten, durchaus identischen, Bilder sich in jenem auch an dem nämlichen Orte befinden, so können die Objecte nicht doppelt erscheinen, und man muss sie nur einfach sehen. Obgleich ferner das Bild im Auge ein verkehrtes ist, so erscheinen dennoch die Gegenstände gerade, weil das Urtheil über die Verhältnisse der Objecte zu dem Sehenden ein erlerntes ist, und

Digitized by Google

alle Theile der Gegenstände unter sich und gegen die Umgebungen in dem gehörigen Verhältnisse sind. Das Urtheil über die Entfernung naher Gegenstände bestimmt der optische Winkel und der parallaktische Winkel beider Augenaxen; um über die Grösse und Entfernung weit gelegener Gegenstände zu urtheilen, dient hauptsächlich die Vergleichung beider, wenn die eine oder die andere bekannt ist, doch entstehen viele Täuschungen.

e) Fernrohr.

§. 144. Die Wirkung der Fernrohre wird im Allgemeinen daraus erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das durch die Objectivlinse oder den Hohlspiegel erzeugte Bild durch die Ocularlinsen, gleichsam als durch eine Loupe, besehen wird.

Das Taschenperspectiv, oder *galileische* Fernrohr, wird durch Fig. 27 erläutert. Es werden nämlich die durch die Objectivlinse *L L* convergirend gemachten Lichtstrahlen durch die concave Linse *l l* etwas minder divergirend, um im Auge *o'* zum Bilde vereinigt zu werden. Die Wirkung des *Kepler'schen* Sternrohres erläutert Fig. 28, wenn man sich das Auge in *o* denkt, welches das, durch die Linse *L L* in ihrem und zugleich der Linse *l l* gemeinschaftlichen Brennpunkte erzeugte verkehrte Bild *a a* vergrössert nach *a a* versetzt. Auf welche Weise die Ocularröhre dieses verkehrte Bild gerade darstellt, zeigt Fig. 29.

§. 145. Beide Arten dioptrischer Fernrohre geben undeutliche Bilder, theils als Folge der Abweichung der Lichtstrahlen wegen der Kugelgestalt, theils und noch mehr durch die Farbenzerstreuung. Weil der erste Fehler bei parabolischen, der zweite bei allen Spiegeln wegfällt, so gab *Newton* den Spiegelteleskopen den Vorzug.

Die Undeutlichkeit der Bilder als Folge der Abweichung wegen der Kugelgestalt ersieht man aus §. 119., die Farbenzerstreuung aus §. 120., wenn man berücksichtigt, dass Tangenten an einen der gegenüber liegenden Punkte

Digitized by Google

einer Linse gelegt (die Punkte der Axe abgerechnet), convergirende Linien sind, und daher gleichsam den Durchschnitt eines Prisma perpendikulär auf seine Axe bilden. Beim *Newton'schen* Spiegelteleskope Fig. 30 wird das Bild des Objectes, von welchem aus grosser Entfernung der Lichtkegel $\alpha\beta$ auf den Hohlspiegel mm fällt, von diesem gegen den Fangspiegel n reflectirt, und da dasselbe, ohne den letzteren, in ab seyn würde, wird es vielmehr nach $a'b'$ reflectirt und durch die Loupe rr vom Auge gesehen. Dass hierzu bloss Metallspiegel brauchbar sind, folgt daraus, weil foliirte Glasspiegel doppelte Bilder, von jeder Fläche eins, geben.

§. 146. Um die Farbenzerstreuung aufzuheben, machte man ehemals dioptrische Fernrohre mit unglaublich langen Brennweiten, ohne neben andern hieraus entstehenden Nachtheilen seinen Zweck vollständig zu erreichen. *Dollond* verfertigte zuerst achromatische Fernrohre, welche jetzt zu einem sehr hohen Grade der Vollkommenheit gebracht sind.

Herschel's grosses Teleskop hat nur 40 F. Länge für einen Spiegel von 4 F. Chorde, statt dass ältere dioptrische Fernrohre mit Linsen von 9 Zoll Durchmesser 120 F. Brennweite und darüber hatten, so dass sie an einer langen Stange ohne Rohr aufgehangen, die Oculare aber mit der Hand gehalten wurden (Luftperspective). Aus der falschen Voraussetzung, dass das Auge ganz achromatisch sey, folgerten *Dollond* und *Klingenstierna*, dass man aus Glas-Arten von ungleichem Farbenzerstreuungs-Vermögen achromatische Objectivlinsen verfertigen könne, und Ersterer brachte diese wirklich zu Stande. Legt man nämlich eine convexe Linse von Kronglas und eine concave von Flintglas zusammen, so zerstreuen beide die Farben nach entgegengesetzter Seite, allein wegen der stärkeren Farbenzerstreuung und geringeren Brechung des Flintglases hat die hieraus bestehende Linse eine so viel längere, negative Brennweite, dass die nach entgegengesetzten Seiten zerstreuten farbigen Lichtstrahlen in dem Brennpunkte

Digitized by Google

der zusammengesetzten Linse vereinigt werden, und also ein farbenfreies Bild geben.

f) Mikroskop.

§. 147. Das einfache Mikroskop besteht aus einer blossen biconvexen Linse von sehr kurzer Brennweite, und grenzt hiernach unmittelbar an die Loupe, welche beide den optischen Winkel vergrössern, indem sie das Objekt dem Auge näher zu bringen verstatten, als die Entfernung des deutlichen Sehens ist. Wenn man aber das Bild einer solchen Linse durch zwei oder mehrere andere Linsen auffängt, so wird durch ein solches zusammengesetztes Mikroskop in Hinsicht der Bequemlichkeit, des Gesichtsfeldes und der Vergrösserung ausnehmend viel gewonnen.

Gesehene Gegenstände erscheinen dem Auge so viel grösser, je grösser der optische Winkel ist. Indem aber letzterer der Entfernung vom Auge umgekehrt proportional ist, so müssten kleine Gegenstände schon dadurch vergrössert erscheinen, dass man sie dem Auge näher bringt, wenn anders in diesem Falle überhaupt ein Bild erzeugt werden könnte §. 141. Indess ergibt sich aus §. 119., dass biconvexe Linsen das Object dem Auge so viel mehr zu nähern verstatten, je kürzer ihre Brennweiten sind, und sie müssen daher in dem nämlichen Verhältnisse vergrössern. Einfache Mikroskope sind also sehr scharfe Loupen, Linsen mit sehr kurzen Brennweiten, kleine massive Glaskugeln von weissem Glase in der Flamme der Blaslampe geschmolzen, hohle Glaskugeln mit Wasser, ein Wassertropfen in der Oeffnung eines Lineals u. dgl., selbst durch ein sehr kleines Loch in einer Karte gesehene feine Objecte scheinen vergrössert, wenn man sie sehr nahe bringt.

Die besten zusammengesetzten Mikroskope sind diejenigen, bei denen die Ocularröhre zwei Gläser hat, indem sie ein hinlängliches Gesichtsfeld haben und an Deutlichkeit durch zu viele Gläser nicht verlieren. Ihre Construction ist aus Fig. 31 ersichtlich. Das Sonnenmikroskop, eben wie die *laterna magica*, sind nach den vorgetragenen optischen Gesetzen von selbst erklärlich.

Digitized by Google

Anhang.

Verhältniss zwischen Wärme und Licht.

§. 148. Die oben §. 98. angegebenen Eigenschaften des Lichtes, seine erleuchtende, chemisch wirkende und erwärmende Kraft, kommen zwar den einzelnen farbigen Strahlen insgesammt zu, allein in einem verschiedenen Grade. Die stärkste erleuchtende Kraft besitzen die gelben Strahlen, die chemische Thätigkeit ist am stärksten in den violetten, die erwärmende dagegen in den rothen Strahlen.

Im weissen Lichte scheinen die drei Eigenschaften des Lichtes in einem gewissen mittleren Verhältnisse zu stehen. Weil aber die stärkste Erleuchtung in den gelben Strahlen des Farbenbildes, nahe bei den grünen ist, und nach dem Roth und Indigo hin auf gleiche Weise abnimmt, dem Gelb aber das Blau als complementäre Farbe zugehört, so scheint hierin der Grund zu liegen, dass bei starker Erleuchtung die blaue Farbe als subjective oder physiologische (§. 185.) so oft zum Vorschein kommt. Die stärkere chemische Wirksamkeit der violetten Strahlen zeigt sich dadurch, dass das Hornsilber schneller und stärker darin blau wird, und Saamenkörner schneller keimen.

Herschel glaubte durch eine Reihe schätzbarer Versuche gefunden zu haben, dass die rothen Strahlen des Spectrum die grösste Wärme erzeugen, und dass noch über die rothen Strahlen hinaus bedeutende Wärme hervorgebracht werde, welche durch eigenthümliche, die leuchtenden begleitende, an sich aber dunkele, Wärmestrahlen entstehen sollte. Einige Gelehrte haben dieses Resultat bestätigt gefunden, andere nicht, aus den neuesten Untersuchungen ergibt sich, dass die Beschaffenheit der Prismen den Ort der stärksten Wärme bedingt.

§. 149. Es ist nach unzweifelhaften Thatsachen nicht wahrscheinlich, dass das Licht in den Körpern zur Wärme gebunden werde, vielmehr gibt es sowohl eigenthümliche leuchtende und chemisch wirkende Lichtstrahlen, als auch

Digitized by Google

eigenthümliche Wärmestrahlen, welche entweder zugleich leuchtend oder dunkel sind.

Da die Lichtstrahlen ihre erwärmende Kraft nicht ändern, wenn sie durch kalte oder durch warme Flüssigkeiten gehen, so erscheinen die Lichtstrahlen an sich hiernach als nicht erwärmend. Sie sind aber, wenn sie von der Sonne oder von glühenden Körpern kommen, allezeit mit Wärmestrahlen verbunden, die sich von ihnen durch verschiedene Körper trennen lassen. Die Wärmestrahlen, sowohl die zugleich leuchtenden, als auch die dunkelen, durchdringen einige Körper leichter, als andere, worauf ihre *Diathermanie* beruhet; wenn aber die Körper helle Wärmestrahlen leichter, als dunkle durchlassen, oder umgekehrt, so nennt man dieses *Diathermansie*. *Melloni* und *Forbes* haben durch entscheidende Versuche den Unterschied der Licht- und Wärme-Strahlen dargethan.

C. Elektricität und Galvanismus.

§. 150. Die Elektricität oder das elektrische Fluidum ist über den ganzen Erdball verbreitet, wird aber nur im Zustande des aufgehobenen Gleichgewichtes desselben wahrgenommen, welcher Zustand durch die allerverschiedensten Veränderungen der Körper hervorgerufen wird.

Indem die E. an allen Orten auf der Erde, in jeder Höhe und Tiefe, wohin Menschen gekommen sind, erzeugt werden kann, so muss man ihre allgemeine Verbreitung als ausgemacht ansehen. Elektricität wird in geringerem oder grösserem Maasse hervorgerufen durch Hitze und Abkühlung, z. B. beim Turmalin; durch Reiben, z. B. trockener Seife in einem warmen Serpentinmörser, des Papiers u. s. w.; durch Drücken, z. B. einer isolirten Metallplatte auf warme wollene oder seidene Zeuge; durch chemische Auflösungen und Verbindungen, z. B. der Metalle in Säuren und das Krystallisiren der Salze; durch Verdampfung u. s. w., und durch die Wechselwirkung zwischen der Erde und der Atmosphäre in

Digitized by Google

der sogenannten Luftelektricität. Künstlich wird sie vorzüglich hervorgerufen durch Reibung verschiedener Körper aneinander, durch Berührung heterogener Metalle, durch Wärme und durch Magnete.

1) *Reibungs-Elektricität.*

§. 151. Die angehäufte (statische) Elektricität zeigt sich hauptsächlich durch Anziehen und Abstossen leicht beweglicher Körper und durch kleinere bis zu den grössten Funken, wenn sie durch Nichtleiter geht, wie durch einen eigenthümlichen Geruch und Geschmack.

Man nennt *statische* Elektricität die auf Leitern oder Nichtleitern angehäufte, *dynamische* aber diejenige, welche vollkommene Leiter durchströmt.

§. 152. Man theilt gemeiniglich die Körper ein in idioelektrische und anelektrische. Aus dem Vorhergehenden geht hervor, dass dieser Unterschied wissenschaftlich zwar unstatthaft ist, indess kann er in Beziehung auf die durch Reibung erregte Elektricität doch beibehalten werden.

Metalle, welche sonst für vorzüglich unelektrisch gehalten wurden, bringen in der Volta'schen Säule die stärkste E. hervor. Um aber durch Reibung E. zu erzeugen, dienen als idioelektrische Körper vorzugsweise Glas, Harze, Schwefel, Pelzwerk und Seide.

§. 153. Ein wesentlicher Unterschied der Körper zeigt sich dagegen allerdings, insofern sie mehr oder minder unvollkommene Leiter der Elektricität sind.

Nichtleiter sind vorzüglich Schellack, alle Harze, Schwefel, Gagat, Wachs und die fetten Oele. Ferner Seide, Haare und Federn; das Glas und alle Verglasungen, durchsichtige Edelsteine, trockner Kalk, Talg und die Metalloxyde; gedörrete vegetabilische Substanzen, Pergament und Leder, Asche, Phosphor, Kampfer, die trocknen Gasarten und Eis unter — 25° *C.* Leiter dagegen sind die regulinischen Metalle, Thiere und Menschen, Kohle, Graphit, viele Erd- und Steinarten, die

Digitized by Google

Salze, alle nicht fette Flüssigkeiten, alle glühende, geschmolzene und feuchte Substanzen, die Dämpfe und die verdünnte Luft. Die Metalle leiten in abnehmender Stärke, nämlich Kupfer, Gold, Silber, Messing, Eisen, Zinn, Blei, Zink, bis zu dem sehr schwach leitenden Tellur und Arsenik. Ist ein Körper bloss mit Nichtleitern in Berührung, so nennt man ihn *isolirt*.

§. 154. Man bedient sich zum Hervorbringen der Reibungselektricität im Kleinen einer Stange Siegellack, oder eines Cylinders von Schwefel, oder einer Glasröhre. Für stärkere Wirkungen gebraucht man die Maschinen, welche aus dem geriebenen idioelektrischen Körper, dem Reibzeuge und einem Conductor mit den erforderlichen Saugspitzen zum Auffangen des elektrischen Fluidums bestehen.

Zu den Maschinen nimmt man gegenwärtig bloss Glas, dessen Farbe weiter keinen Einfluss hat, in der Form von Kugeln, häufiger von Cylindern und Scheiben, welche letztere am bequemsten, und für sehr starke Wirkungen in gehöriger Grösse zu erhalten sind. Die Reibzeuge müssen genau und mässig fest anliegen, und werden am besten mit einem Leder zum Auftragen des Amalgama versehen. Beim Conductor, oder sogenannten ersten Leiter, ist bloss eine glatte, von Spitzen freie, metallische Oberfläche erforderlich, die Saugspitzen dagegen, welche gegen die geriebene Glasfläche gerichtet sind, werden am besten nur in geringer Zahl und nicht zu scharf gewählt, sind aber vermuthlich ganz überflüssig.

§. 155. Sehr wichtig, obgleich allgemein bekannt, ist die Wahrheit, dass beide geriebene Körper entgegengesetzt elektrisch werden, und dass überhaupt jederzeit zwei Elektricitäten zum Vorschein kommen, welche man positiv und negativ, + und — genannt hat.

Man sieht aus leichten Versuchen mit einer Glas- und Siegellack-Stange, dass ungleichartige Elektricitäten einander anziehen, gleichartige einander abstossen, woraus eine unverkennbare Verschiedenheit hervorgeht. Ein leichter und interessanter Versuch ist, wenn man

Digitized by Google

zwei stark erwärmte Bogen Papier auf eine Unterlage von gleichfalls warmen Papier übereinander legt, und mit erwärmtem Papiere oder besser mit Federharz die Oberfläche reibt, wodurch sie zusammenhängen und im Dunkeln getrennt Funken zeigen. Die beiden entgegengesetzten Elektricitäten sind, ausser ihrem Gegensatze, in allen ihren Wirkungen sehr ähnlich, und zeigen einen Unterschied hauptsächlich nur in den sogenannten Lichtenberg'schen Figuren.

§. 156. Auf das Gesetz der Abstossung sind verschiedene Spielereien, insbesondere aber auch die Elektrometer gegründet, welche theils die Anwesenheit der Elektricität überhaupt, theils die Stärke der elektrischen Spannung und die Art der erregten Elektricität zu zeigen dienen.

Ein sehr einfaches und zugleich höchst empfindliches Elektrometer gibt eine sehr wollige Flaumfeder an einem seidenen Faden aufgehangen; auch kann man das von *Hauy* vorgeschlagene wohlfeil darstellen, wenn man zwei gut vergoldete Kügelchen von Sonnenblumenmark durch einen feinen hölzernen, besser gläsernen, Stab oder feinen Grashalm verbindet, und diesen in der Mitte auf einer feinen Stahlspitze balancirt, aber noch besser von einem Arme an einem ungezwirnten Seidenfaden horizontal schwebend herabhängen lässt. Um die Luftelektricität zu messen, dient jedes, in einen gläsernen Becher eingeschlossene, durch eine messingne Haube gegen die Feuchtigkeit geschützte, feine Elektrometer, auf welches ein feiner Draht mit einer Spitze lothrecht geschraubt wird, um für sich, oder durch den Rauch von etwas angezündetem Schwamm die E. der Luft stärker anzuziehen. Die Stärke der elektrischen Spannung misst man am besten mit *Henley's* Quadrantenelektrometer, das feinste Werhzeug aber, welches zugleich die Art der E. jederzeit anzeigt, ist das von *Bohnenberger*, aus einem Streifen Blattgold zwischen zwei kleinen Zambonischen Säulen in einem gläseruen Becher bestehend. *Becquerel* schlägt noch zweckmässiger vor, auf dem Boden des gläsernen Bechers eine Zambonische Säule

Digitized by Google

horizontal zu legen, von beiden Enden einen Draht mit zwei Knöpfen in die Höhe zu führen und den Blattgoldstreifen dazwischen herabhängen zu lassen. Sowohl jenes als dieses Elektrometer zeigt zugleich die Art der E., je nachdem das Blattgold sich nach der einen oder der andern Seite bewegt. Bei den übrigen Elektrometern ersieht man das Nämliche, wenn man sie mit einer gewissen E. ladet, dann einen elektrischen Körper nähert, und beachtet, ob er angezogen oder abgestossen wird.

§. 157. Man hat seit *Coulomb* fast allgemein angenommen, dass die Stärke der elektrischen Abstossung dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sey.

§. 158. Bei der Erregung der Elektricität werden beide entgegengesetzte Elektricitäten, namentlich an den beiden aneinander geriebenen Körpern, hervorgerufen; welche Art der Elektricität aber den Körpern zukomme, hängt von so mannigfaltigen Bedingungen ab, dass nur wenige allgemeine Gesetze hierüber bekannt sind.

Geriebenes polirtes Glas gibt stets +, Harze und Schwefel geben stets —. Der Rücken einer Katze gibt stets +. Ausserdem hat die Blänke oder die Rauhheit der Oberfläche, die Temperatur, die Farbe und Richtung der Fäden bei Bändern und vieles andere einen so bedeutenden Einfluss, dass die nämlichen Körper bald + bald — elektrisch werden.

§. 159. Die Menge der entgegengesetzten Elektricitäten, welche in zwei an einander geriebenen Körpern erzeugt wird, ist bei hinlänglicher Isolirung gleich. Sie verbreitet sich dann bei leitenden über ihre ganze Masse, bei nichtleitenden wird sie aber nur an einzelnen Stellen angehäuft.

Werden Nichtleiter auf einer Seite gerieben, so entsteht auf dieser E., und in gleicher Stärke die gleichartige auf der andern, und eben so verschwindet sie auf beiden, wenn sie nur an einer weggenommen wird. Hiernach genügt es, wenn der Conductor nur der einen Fläche des Glases genähert wird.

Digitized by Google

§. 160. Wenn man einen elektrischen ersten Conductor oder einen auf ähnliche Weise mit Elektricität geladenen Körper mit einem andern leitenden Körper berührt, so wird die Elektricität sich über beide gleichmässig verbreiten; ein nichtleitender dagegen, vorzüglich in der Gestalt einer flachen Scheibe, wird nur dann die Elektricität annehmen, wenn die gleichnamige auf der andern Seite abgeführt wird.

Die Mittheilung der E. an leitende Körper, wenn sie durch die Luft getrennt sind, geschieht durch Funken, welche am längsten sind zwischen den beiden Conductoren einer Elektrisirmaschine, sonst aber für + Elektricität, wenn sie von einer kleineren Kugel zu einer grösseren übergehen.

Dass Nichtleiter die E. durch Mittheilung nur unter der genannten Bedingung annehmen, lässt sich wegen der Unvollkommenheit jeder Isolirung bloss durch feine und schwierige Versuche darthun; indess beruhet auf einem ähnlichen Grunde die Entstehung der elektrischen Atmosphären.

§. 161. Auf ähnliche Weise wird ein leitender Körper im Wirkungskreise eines elektrischen die entgegengesetzte Elektricität annehmen.

Es geschieht dieses am einfachsten, wenn man eine isolirt gehaltene Kugel oder einen kleinen Conductor dem geladenen Conductor einer Elektrisirmaschine ohne wirkliche Berührung beider nähert, wodurch die gleichnamige E., welche auf dem letzteren angehäuft ist, auf der abgewandten Seite des ersteren frei wird. Man kann diese dann durch Spitzen oder auch durch genäherte Körper ableiten, indem sie als kleine Funken an diese überspringt.

§. 162. Wenn bei einem Nichtleiter das elektrische Gleichgewicht aufgehoben, oder namentlich bei Scheiben von nichtleitenden Substanzen auf der einen Seite Elektricität erzeugt, auf der andern die gleichartige abgeleitet, und hierdurch zugleich die entgegengesetzte herbeigeführt

Digitized by Google

ist, so müssen diese sich dann wechselseitig binden, und einer Ableitung jeder einzelnen widerstehen. Werden beide durch einen dicht an die Flächen anschliessenden leitenden Körper mehr zusammengehalten, so lässt sich hierdurch ihre Menge vermehren und ihre Wirkung verstärken. Man nennt diese Vorrichtung Verstärkungsflasche oder Leidener Flasche.

Eine runde Spiegelscheibe, zwischen zwei etwas kleinere metallene Scheiben gelegt, so dass die letzteren mittelst isolirter Handhaben weggenommen werden können, erläutert am besten das Wesen der Flasche. Sind nämlich die genannten drei Theile zusammengelegt und isolirt, und wird der oberen Metallplatte E. mitgetheilt, so wird nur eine schwache Ladung stattfinden. Leitet man aber die gleichnamige E. von der unteren Platte ab, während sie der oberen mitgetheilt wird, so erhält man eine starke Ladung. Die hierin dann gebundenen verschiedenen Elektricitäten werden sich nur langsam zerstreuen, und man kann jede einzelne Metallscheibe für sich, ohne einen Schlag zu erhalten, berühren, wodurch indess die Ableitung vermehrt und die Flasche früher wieder neutral wird. Hieraus folgt nothwendig, dass diejenige E., welche jede einzelne Belegung der zusammengesetzten Flasche zeigt, die der Flaschenseite selbst seyn muss. Weil indess das Glas das eigentlich Geladene ist, indem man die Flasche zerlegen, jede Belegung neutralisiren, das Ganze wieder vereinigen und dann einen Erschütterungsschlag erhalten kann, so folgt, dass die isolirt getrennten Belegungen im Wirkungskreise der geladenen Glasscheibe entgegengesetzte E. annehmen.

Der Bequemlichkeit wegen nimmt man statt der Scheiben kleinere oder grössere Zuckergläser, und als Belegung Stanniol (Blattzinn), welches mit sehr wenigem Mehlkleister unter Vermeidung von Rissen und Falten aufgeklebt wird. Ein Metalldraht (oder eine Stange), welcher den inneren belegten Boden der Flasche berührt, und unterhalb der Grenze der inneren Belegung durch

Digitized by Google

drei hölzerne Streben festgehalten wird, ragt einige Zoll über den Rand der Flasche empor, und wird dann mit einem Knopfe oder einer Kugel versehen. Mehrere vereinte Flaschen heissen eine Batterie. Unter den zahlreichen Spielereien in der Form der Flaschen ist die Blitzscheibe die interessanteste. Eine entladene Flasche sammelt eine kleine Quantität E. wieder zu einem neuen Erschütterungsfunken; dieses heisst das Residuum, dessen Wirkung bei grossen Batterieen sehr bedeutend ist.

§. 163. Eine Abart der Flasche ist das Elektrophor. Legt man nämlich eine flache Scheibe von harzigen Substanzen auf eine leitende Unterlage, und bringt Elektricität durch Reiben oder Schlagen mit einer Fuchsruthe hervor, so wird das aufgehobene Gleichgewicht länger dauern, und ein solcher Apparat, Volta's beständiger Elektricitätsträger genannt, zeigt sich vorzüglich wirksam durch Erzeugung der Elektricität in einem beweglichen Deckel, welcher in den Wirkungskreis desselben gebracht, seiner eigenen Elektricität durch Berührung beraubt, durch Vertheilung im Wirkungskreise der harzigen Substanz geladen, und dann isolirt aufgehoben wird.

Schlechtere Elektrophore lassen sich aus Schwefel, Pech und Harz wohlfeil verfertigen, und geben, recht trocken und warm gehalten, schon starke E. Zu den besten nimmt man eine Form von Pappe, Holz oder Metall mit einem 2—4 Lin. hohen (nach der Grösse höheren) aufwärts stehenden Rande, breitet in derselben Stanniol aus, ohne dieses festzukleben, und giesst auf dieses die flüssige Masse. Hierzu nimmt man am besten *gummi lacc. in tabb.* 1,5 Thl., *terebinth. Venet.* 1 Thl., *Colophon.* 2 Thl., *gummi mast.* 0,5 Thl., welche vom beigemischten Schmutze gereinigt in einem neuen irdenen Topfe über gelindem Feuer langsam geschmolzen und einige Zeit im Fluss erhalten werden, damit der Schmutz sich senkt und die Feuchtigkeit verdampft. Die nach dem Eingiessen sich zeigenden Blasen werden mit einem genäherten glühenden Eisen entfernt. Zum Deckel, welcher einen 2 bis 12 Zoll (nach der Grösse zunehmend)

Digitized by Google

PARSONS LIBRARY
University of
MICHIGAN

kleineren Durchmesser, als der Kuchen, haben muss, nimmt man für kleinere Elektrophore eine metallene Platte ohne Spitzen, für grössere pappene oder hölzerne Scheiben, oder einen metallenen Ring, auf beiden Seiten mit Pergament oder starkem Papier überspannt, mit Stanniol ohne Spitzen überzogen und an seidenen Schnüren oder an einer gläsernen Handhabe isolirt.

§. 164. Nach dem bei der Flasche und dem Elektrophore in Anwendung kommenden Grundsatze, dass die Elektricität an zwei isolirten, durch einen dünnen Nichtleiter getrennten, leitenden Körpern gebunden wird, hat *Volta* seinen Condensator construirt. Bei diesem Apparate werden beide leitende Scheiben durch einen Nichtleiter, welcher aber nicht selbst Elektricität erregen darf, getrennt, eine derselben wird mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, und dann lassen sich in der andern kleine Quantitäten Elektricität so lange anhäufen, bis sie durch ein Elektrometer messbar werden. *Cavallo's* Collector und *Bennet's* Duplicator sind diesem sehr ähnlich.

Der *Condensator*, das brauchbarste unter den genannten Werkzeugen, besteht am besten aus einer runden messingenen Platte auf einem Fusse horizontal ruhend, mit drei kleinen Tropfen Siegellack, auf welchen eine gleiche zweite Platte isolirt ruhet, so dass die dazwischen befindliche trockene Luftschicht den nichtleitenden Körper bildet. Es genügt auch, wenn beide Platten mit einem dünnen Ueberzuge von Bernsteinfirniss versehen sind. Ist der Apparat zusammengesetzt, und wird der oberen Platte E. mitgetheilt, so wird diese durch die untere, in leitender Verbinduug stehende, gebunden, zeigt sich aber frei, wenn man die obere an einem isolirenden Handgriffe aufhebt.

§. 165. Indem die Luft nicht vollständig isolirt, so muss die angehäufte Elektricität von allen Körpern, an welche sie auf die eine oder die andere Art gebunden war, wieder ausströmen, und dadurch das allgemeine Gleichgewicht wieder hergestellt werden. Die Bedingungen, welche dieses befördern oder hemmen, sind noch nicht vollständig

Digitized by Google

erkannt, ausgemacht aber ist, dass feuchte Luft und hervorragende Spitzen das Ausströmen der Elektricität am meisten befördern.

Das Ausströmen der E. aus Spitzen geschieht bei der positiven in Gestalt eines leuchtenden Büschels, bei der negativen in der eines leuchtenden Punktes, bei beiden (jedoch stärker bei der positiven) mit hörbarem Zischen, einem fühlbaren Wehen und einer Reaction gegen die Spitze, ähnlich derjenigen, welche durch das Ausströmen anderer Flüssigkeiten erzeugt wird. Hierauf beruhet das Umlaufen der elektrischen Spindel, und die Bewegung, welche man kleinen Maschinen hierdurch ertheilt.

§. 166. Verschiedene der hier erörterten und noch andere Thatsachen machen es mindestens höchst wahrscheinlich, dass beide Elektricitäten stets, und vorzüglich beim Strömen aus und in Spitzen, nebeneinander gehen. Die Bewegung der Elektricität in leitenden Körpern ist ausnehmend schnell.

Im luftverdünnten Raume bemerkt man vorzüglich, dass von zwei, einander zugekehrten, Spitzen oder Knöpfen viele elektrische Büschel sich entgegenströmen. Es spricht für den aufgestellten Satz ferner, dass man vermittelst einer Spitze sowohl mit + als auch mit — Elektricität den Rauch einer Räucherkerze wegblasen, und leicht bewegliche Körper in Bewegung setzen kann.

Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher die E. lange Strecken leitender Körper durchläuft, haben wir zwar einige interessante, aber noch keineswegs genügende Erfahrungen. Diese Geschwindigkeit soll die des Lichtes übertreffen.

§. 167. Ob die Elektricität im Zustande ihres Gleichgewichtes irgend eine Wirkung hervorbringe, ist unbekannt. Ist sie irgendwo als + oder — hervorgerufen, so äussert sie sich ausser der genannten Anziehung hauptsächlich durch ihr Leuchten, ohne dass das Licht der + und — Elektricität einen fest bestimmten und stets gleichbleibenden Unterschied zeigt. Auch wirkt die Elektricität auf den Geruch und erzeugt einen eigenthümlichen Geschmack.

Digitized by Google

Ueber die Ursache des Leuchtens ist man noch immer in Ungewissheit. Im luftverdünnten Raume wird mindestens sehr oft die Farbe des elektrischen Lichtes durch die in demselben zugleich befindlichen Dämpfe bestimmt. Den Geruch und Geschmack der E. erkennt man am leichtesten, wenn sie aus Spitzen strömt.

§. 168. Eine weitere, sehr auffallende Wirkung der Elektricität ist die mechanische Gewalt, welche sowohl der Batteriefunken, als vorzüglich der Blitz ausübt.

Dahin gehört das Durchbohren der Kartenblätter und das Zerspalten von Stücken trocknen Holzes, auch werden die dicksten Glasröhren zerrissen, wenn sie mit Wasser gefüllt sind, und der Funke auch nur einer kleinen Flasche vermittelst zweier Drähte, welche kaum 1 Linie von einander abstehen, hindurchgeleitet wird.

§. 169. Sehr räthselhaft sind die Wirkungen des Entzündens durch die Elektricität. Sie entzündet leicht Knallgas, Naphtha, pulverisirtes Harz und Phosphor; Schiesspulver aber nur bei gehemmter Leitung, und Zündschwamm nur an einer Seite einer sehr grossen geladenen Flasche

Die in ihrer Strömung etwas gehinderte, aber doch in genügender Menge strömende E. erzeugt stets, wenn auch nur geringe, Wärme. Leicht entzündliche Körper werden vielleicht durch den mechanischen Druck der E oder durch ihren chemischen Einfluss entzündet. Unter den Metallen widersteht auch das strengflüssige Platin dem starken Batteriefunken nicht, vielmehr werden alle glühend, verbrennen und werden meistens sogar in Dampf verwandelt.

§. 170. Die chemischen Wirkungen der durch Reibung erregten Elektricität werden zwar nicht leicht wahrgenommen, lassen sich indess hinlänglich sicher nachweisen.

Die Zerlegung des Wassers durch den Batteriefunken, welche wegen des Zerspringens der Röhren schwierig zu bewerkstelligen ist, kann man leicht wahrnehmen,

Digitized by Google

wenn man dem Wasser eine geringe Quantität Kochsalz zusetzt, und es dadurch besser leitend macht.

§. 171. Ob die Elektricität einen Einfluss auf die Vegetabilien habe, ist wegen der Verschiedenheit der Resultate aus den bisher angestellten zahlreichen Versuchen kaum zu entscheiden. Um so bestimmter ausgemacht ist ihr Einfluss auf den thierischen Organismus.

Der elektrische Funke, die durchströmende E. der Volta'schen Säule, die aus der einen Belegung einer geladenen Flasche bei der Berührung ausströmenden, einen stechenden Schmerz erregenden, kleinen Funken und der Erschütterungsschlag einer geladenen Flasche wirken alle auf eine verschiedene Weise auf die Nerven, letzterer am stärksten, bis zur Betäubung und Tödtung. Auch medicinisch kann die E., als Reizmittel vorzüglich bei Lähmungen vorsichtig gebraucht, mit grossem Nutzen angewandt werden.

§. 172. Einige Fische haben von der Natur die Kraft erhalten, den sie berührenden Menschen und Thieren elektrische Schläge zu ertheilen, welche im Verhältniss zu ihrer Grösse ausnehmend heftig sind. Das Vermögen scheint vorzugsweise oder ausschliesslich in einem gewissen Organe zu liegen, welches durch seine besondere Structur die mit dieser individuellen Kraft versehenen Species von der Gattung unterscheidet, und hängt unverkennbar vom Willen des Thieres ab.

Es gibt sechs Gattungen elektrischer Fische, wovon viere Seefische und zwei Flussfische sind. Unter die ersteren gehören der Zitterrochen (*raia torpedo*), der *Rhinobatus electricus*, der elektrische Spitzschwanz (*trichiurus indicus*, wenn dieser anders elektrisch ist), und der elektrische Stachelbauch (*tetrodon electricus*). Die letzteren sind, der grösste unter den Flussfischen und überhaupt der mächtigste von allen, der Zitteraal (*gymnotus electricus*) und der Zitterwels (*silurus electricus*). Ein erwachsener Gymnotus, in Südamerika einheimisch, vermag durch einen einzigen Schlag, dem Bauche eines

Digitized by Google

Maulthieres ertheilt, dasselbe zu betäuben, dass es untersinkt.

2) *Contactelektricität.*

§. 173. Wenn zwei heterogene Metalle in unmittelbare Berührung gebracht werden, so erregen sie wechselseitig in einander verschiedene Elektricitäten. Die schwächsten Spuren dieser Elektricität erkannte man anfangs aus ihrer Wirkung auf die Nerven der Frösche, und der Entdecker dieser Erscheinungen, *Aloysius Galvani*, sah sie daher als eine in den Thieren vorhandene eigenthümliche Potenz an, welche nach ihm Galvanismus, galvanische oder thierische Elektricität, genannt wurde. Nach *Volta* aber machen zwei verbundene heterogene Metalle ein einfaches Element der nach ihm benannten Säule aus.

Volta zeigte durch seine Versuche mit Hülfe eines Condensators, dass ungleiche, in Berührung gebrachte, Metalle die in beiden enthaltene E. in ihre Bestandtheile + und — zerlegen, und zwar in folgender Reihe: Zink, Zinn, Blei, Eisen, Messing, Kupfer, Gold, Silber, Platin. Es müssen daher Zink und eines der drei letzten Metalle die stärkste E. geben, man wählt aber des geringeren Preises wegen fast allgemein Zink und Kupfer. Kommt daher eine Scheibe Zink mit einer Scheibe Kupfer in Berührung, so wird jenes + und dieses — E. annehmen. Das negative Kupfer nimmt dann den negativen Sauerstoff nicht auf, und ist somit gegen das Rosten in Seewasser gesichert; daher die Protektoren der mit Kupfer beschlagenen Schiffe.

Nach *Volta* sind die Körper entweder *Leiter der ersten Klasse*, welche die E. zugleich erregen und frei durch sich strömen lassen, als die Metalle, Magnesiumoxyd, Holzkohle u. a.; oder *Leiter der zweiten Klasse*, welche die E. bloss durchlassen, ohne sie zu erregen, als Säuren, Salzauflösungen, Alkalien in Wasser gelöset und Wasser. Neuere Versuche haben indess gezeigt, dass auch durch Berührung der Metalle mit Flüssigkeiten, oder der letzteren unter sich Elektricität frei

Digitized by Google

wird. Ein einfacher Versuch, welcher die Erregung der galvanischen E. und ihre Wirkung auf die Nerven deutlich zeigt, besteht darin, dass man ein kleines Zinkblech unter die Oberlippe, eine silberne Münze auf die Zunge oder unter die Unterlippe schiebt, und beide abwechselnd sich berühren lässt und trennt, wobei man einen eigenthümlichen Geschmack und zuweilen einen Lichtschein vor den offenen oder geschlossenen Augen empfindet. Wenn man einen Streifen von Kupfer und einen andern von Zink in mit etwas Schwefelsäure schwach gesäuertes Wasser taucht, so steigen nur bei der Berührung der oberen Enden beider Gasblasen vom Kupfer auf. Wird ein Bügel vom Kupfer *k k* Fig. 32 an einen von Zink *z z* gelöthet, und bloss das Kupferende in solches Wasser getaucht, so steigen keine Gasblasen von ihm auf, wie sogleich geschieht, wenn auch ein Theil des Zinkes eingetaucht ist. Alle diejenigen Apparate, bei denen ein oder mehrere vereinte Stücke eines negativ elektrischen Metalles, als Kupfer, Silber, Platin u. s. w. durch einen Metalldraht mit einem oder mehreren Stücken eines positiven Metalles, meistens Zink, verbunden sind, der positiv elektrische Strom also vom Kupfer zum Zink strömt und durch die Säure wieder zurückkehrt, nennt man *einfache* Volta'sche Säulen oder Ketten.

§. 174. Aus *Volta's* Theorie folgt, dass die durch zwei heterogene Metalle erzeugte Elektricität sich verstärkt zeigt, wenn sie durch einen feuchten Leiter einem anderen Paare solcher Metalle zugeführt wird, und so fort, wonach die zusammengesetzte Volta'sche Säule oder Kette gebaut wird.

Wenn man paarweise gleiche Platten Zink und Kupfer aufeinander legt oder löthet, diese dann abwechselnd mit feuchten Tuchscheiben übereinander schichtet, so dass bei allen die Zink- oder die Kupferplatte nach einer Seite gerichtet ist, so erhält man die *zusammengesetzte* Volta'sche Säule, deren elektrische Spannung mit der Zahl der Platten wächst. Hierbei häuft sich die + E. an der äussersten Zinkplatte, die — E. an der

Digitized by Google

äussersten Kupferplatte an, und es geht also umgekehrt durch einen verbindenden Draht die + E. vom Zink zum Kupfer über. Allgemein ist aber die Menge der erzeugten E. der Quantität der verbundenen Metalle nach der Grösse der in Conflict kommenden Oberfläche, die Stärke der elektrischen Spannung aber der Menge der zu einer Säule vereinigten Elemente proportional.

Man hat die Construction der Apparate vielfach abgeändert. Die zweckmässigsten sind wohl 1) die schon beschriebenen lothrecht oder horizontal aufgebauten Säulen, welche auch doppelt seyn können, so dass zwei neben einander stehen, die eine mit dem Kupferende, die andere mit dem Zinkende oben, unten durch ein gemeinschaftliches Kupferblech verbunden; 2) die Trogapparate, aus Trögen bestehend, in welche die zusammengelegten Plattenpaare, einander parallel, eingekittet werden, worauf man die entstehenden Zellen mit der erforderlichen Flüssigkeit füllt; 3) Kasten aus Kupfer, in welche man die Zinkplatten eintaucht; 4) die spiralförmig gewundenen, bestehend aus einer etwa 4 bis 12 Zoll hohen und verhältnissmässig langen Kupfer- und einer gleich grossen Zink-Platte, beide in Spiralwindungen von etwa einem Viertelzoll Abstand aufgewunden, und so in einander gesteckt, dass die Kupferscheibe die äusseren Windungen bildet; der gleichmässige Abstand wird durch wenige Holzstäbchen bewirkt, und beide werden in ein Glas mit Säure getaucht. Alle vier Arten lassen sich kleiner oder grösser, bis zum grössten Maassstabe anfertigen, auch mehrere solche Apparate zu einem einzigen verbinden. Ausser diesen und sonstigen Abänderungen gibt es die sogenannten Säulen von constanter Wirkung. Das Zink befindet sich in gesäuertem Wasser, welches in einem Beutel aus Thierblase, Leder oder dichtem Leinengewebe, auch poröser Erdenwaare eingeschlossen ist. Diesen Behälter stellt man in ein Gefäss mit einer andern sauren oder salzigen Flüssigkeit, worin sich das negative Metall (Kupfer) befindet; beide Metalle werden durch einen dünnen Draht verbunden. Für die durch *Jacobi* erfundene *Galvanoplastik* sind solche Säulen zur Erzeu-

Digitized by Google

gung eines schwachen elektrischen Stromes unentbehrlich. Stellt man z. B. den Behälter mit Zink in ein Gefäss mit Stücken Kupfervitriol in Wasser; legt da hinein eine Platte Stearin, worauf eine Medaille abgedrückt und die Fläche dann mit Graphitpulver fein überpinselt ist, und führt man einen feinen Draht von dieser Platte zum Zink, so fällt das Kupfer auf der Stearinplatte metallisch nieder.

§. 175. Die bisher beschriebenen Volta'schen Apparate erfordern sämmtlich einen feuchten Leiter; ihre chemische Wirkung und die Kraft Metalle zu verbrennen hört auf, so wie sie trocken werden, oder der feuchte Leiter eine wesentliche Veränderung erleidet, indem die Beschaffenheit des Letzteren ausserdem die Art und Stärke der Wirkung ausnehmend bedingt.

Die Volta'schen Säulen sind am wirksamsten im ersten Momente ihrer Herstellung, wenn die metallischen Oberflächen polirt und die gebrauchten Flüssigkeiten rein sind; daher die heftigen Wirkungen der Trogapparate gleich nach dem Hineinfliessen der Flüssigkeit. Verdünnte Säuren wirken auf kurze Zeit am heftigsten, alkalische Laugen minder stark; Salze, vorzüglich Salmiak, geben mittlere Stärke und Dauer; reines Wasser gibt die geringste aber am längsten dauernde Wirkung. Sehr geeignet, hauptsächlich für Trog- und die vorzüglich wirksamen gewundenen Apparate, auch *Calorimotoren* genannt, ist eine Mischung aus 1 Th. Schwefelsäure, 1 Th. Salpetersäure und 98 Th. Wasser, die sich bis 48 Th. Wasser verstärken lässt.

§. 176. Die Wirkungen der Volta'schen Säulen sind im Wesentlichen denen gleich, welche durch Elektrisirmaschinen hervorgebracht werden, und bestehen hauptsächlich in einem Reize der Nerven, geringer mechanischer Bewegung, dem Verbrennen der Metalle, der chemischen Zerlegung der Körper und der Erregung des Magnetismus. Die beiden letzteren Wirkungen sind verhältnissmässig bedeutend stärker als die beiden ersteren.

Digitized by Google

Wenn durch Reibung beide Elektricitäten getrennt und auf den Conductoren angehäuft sind (statische E.), so üben sie beim Bestreben nach Wiedervereinigung eine bedeutende mechanische Gewalt aus. Die Elemente der Volta'schen Säule, die zugleich Leiter sind, vermögen die Elektricitäten nicht auf gleiche Weise zu trennen, ihre mechanische Kraft ist daher verschwindend klein, insbesondere bei der einfachen Kette. Kehrt der elektrische Strom derselben durch den feuchten Zwischenleiter leicht zurück, so ist hiernach nothwendig die Menge der durch den, beide Metalle verbindenden, Draht (Rheophor) strömenden E. (dynamische E.) selbst bei nur einige Quadratzoll haltenden Platten weit grösser, als bei einer grossen Maschine; daher die ausnehmend starken chemischen, entzündenden und magnetischen Wirkungen der Volta'schen Säule. Diese letzteren sind allgemein der Menge der in gegebener Zeit durch den Querschnitt des Rheophor's strömenden E. gleich, also der Menge der erzeugten E. direct, und den Hindernissen, welche die Flüssigkeit und der Leitungsdraht verursachen, umgekehrt proportional.

§. 177. Nach *Volta* entsteht die Elektricität seiner Säule bloss durch die Berührung der heterogenen Metalle, und die Flüssigkeiten dienen einzig als Leiter; nach Andern wird die Erzeugung der Elektricität auf die angegebene Weise zugleich erhöhet und bedingt durch den chemischen Einfluss der Flüssigkeiten.

Säuren und Salze leiten zwar besser, als Wasser; allein da sie mit einem Metalle allein auch E. hervorbringen, so ist ein hieraus hervorgehender Einfluss nicht füglich ganz abzuleugnen. Man unterscheidet hiernach in Beziehung auf die hydroelektrische Kette die *Contact-* und die *chemische Theorie*, welche beide gewiegte Vertheidiger haben.

§. 178. Vermittelst der Volta'schen Säule hat *Erman* aufgefunden, dass die beiden Elektricitäten von den verschiedenen Körpern ungleich fortgeleitet werden, wonach es besondere Leiter für +, andere für — Elektricität gibt,

Digitized by Google

andere aber, welche beide gleich gut oder gleich schlecht oder gar nicht leiten.

Dieser Unterschied, welcher gegen *Franklin's* Theorie genügend entscheiden würde, ist neuerdings mit überwiegenden Gründen bestritten worden.

§. 179. Die Volta'schen Säulen verlieren ihre Kraft der Zerlegung und des Verbrennens, so wie sie trocken werden, behalten aber die der Abstossung unvermindert. Viele versuchten daher trockene Säulen zu bauen, bei denen die abstossende Kraft hiernach bleibend seyn müsste. *Zamboni* brachte solche Säulen zuerst zu Stande, stellte zwei lothrecht neben einander, und hing zwischen ihre ungleichen, nach oben gerichteten, Pole ein leicht bewegliches Pendel, welches durch die ungleichnamigen Pole abwechselnd angezogen und abgestossen stets in Bewegung bleibt, weswegen der Apparat *perpetuum mobile* genannt wird.

Man nimmt zu diesen Säulen verschiedene Substanzen, und da die einzelnen Elemente sehr dünn und nicht gross seyn können, so lassen sie sich leicht und ohne Aufwand verfertigen. Zuerst nahm *Zamboni* sogenanntes Silberpapier, bestrich dasselbe auf der Papierseite mit Honig, und beutelte fein pulverisirten Braunstein durch ein leinenes Tuch darauf, so dass eine Lage desselben festklebte. Schichtet man mehrere solcher Bogen mit der blanken Seite zu oberst aufeinander, schneidet oder schlägt aus diesen Scheiben von 0,5 bis 0,75 Z. Durchmesser, legt von ihnen 2000 bis 4000 und mehrere einzelne Papierlagen auf einander, bringt sie trocken und fest auf einander gedrückt in eine Glasröhre, verschliesst diese oben und unten mit einer messingenen Fassung, deren blanke Metallfläche die Seiten der oberen und unteren Papierscheiben berühren müssen, überzieht die Röhre mit Siegellack-Auflösung in Weingeist, stellt dann zwei solche Röhren, unten leitend verbunden, lothrecht auf ein Brett, und bringt ein leicht oscillirendes Pendel zwischen die beiden, ungleiche Seiten der Scheibchen berührenden, Knöpfe, so dass ein metallener isolirter Knopf des Pendels

Digitized by Google

abwechselnd an den einen und den andern anschlägt, so hat man das *perpetuum mobile*, welches man unter andern zur Bewegung von Uhren angewandt hat. Anstatt der genannten Elemente dieser Säulen, nämlich Zink, welches den blanken Ueberzug des sogenannten Silberpapieres bildet, und Braunstein nebst dem Papiere als trocknem Zwischenmittel, hat man verschiedene andere Substanzen vorgeschlagen, unter denen sogenanntes Gold- und Silberpapier, mit den nicht blanken Flächen zusammengelegt, nach *Jäger* am brauchbarsten ist. Sind die Lagen einer solchen Säule beträchtlich gross, z. B. Quadrate von 6 Z. Seite, so erhält man auch chemische Wirkungen, woraus hervorgeht, dass sie sich von den nassen Säulen hauptsächlich nur durch die schlechtere Leitung unterscheiden. Die neuesten Säulen verfertigt *Zamboni* aus unächtem (gemeinem) Silberpapier und Kohlenpulver, welches auf die mit Milch benetzte Papierseite durch Leinen gebeutelt wird.

3) Thermoelektricität.

§. 179. *a.* Werden zwei heterogene Metallstäbe an ihren einen Enden unter einander, an den andern durch einen Draht verbunden, so erzeugt die Erwärmung oder Erkältung der ersten Vereinigungsstelle in dem Drahte einen elektrischen Strom, welcher in ihm Magnetismus hervorruft. Es lassen sich auch mehrere solcher Elemente mit einander verbinden, und man erhält dann durch jene Vorrichtung sowohl, als auch durch diese die empfindlichsten thermometrischen Apparate, durch die letztere aber zugleich wirksame thermoelektrische Säulen.

Die einfachsten thermoelektrischen Verbindungen sind die von dem Entdecker angewandten Bügel fig. 33, welche aus einem zweimal rechtwinkelig umgebogenen Streifen $kk'k$ von Kupferblech und einer Stange Wismuth oder einem andern, weniger wirksamen, Metalle bestehen. Die Erwärmung oder Erkältung einer der Löthstellen k; k erzeugt einen elektrischen Strom, welcher die Magnetnadel abweichen macht, wie sich zeigt, wenn man eine

Digitized by Google

Seite des Bügels über oder unter eine Magnetnadel, beider Axen parallel laufend, hält. Zwei mit ihrem Ende zusammengelöthete oder zusammengeschmolzene Metalldrähte *m*; *n* fig. 34 zeigen mit einem Multiplicator verbunden durch das Einsenken der Spitze *s* in den zu untersuchenden Körper die geringste Veränderung der Temperatur durch die Bewegung der *Nobili'schen* astatischen Doppelnadel (§ 197.), besser aber wählt man zwei Verbindungsstellen, erhält die eine auf bleibender Temperatur, und misst die Grade der Wärme oder Kälte mittelst der anderen. Auch mehrere, bis zu 20 ja 100 nahe zusammengelegte vereinte feine Nadeln von Wismuth und Antimon, bei denen der Multiplicatordraht vom äussersten Wismuth anfängt und zum äussersten Antimon zurückläuft, geben die feinen thermoelektrischen Säulen. Sind die vereinten Elemente stärker, werden die sämmtlichen Löthstellen der einen Seite in Schnee gelegt, die der andern möglichst stark erwärmt, so gibt der durch einen langen, isolirt aufgewundenen Kupferstreifen (die *Inductions-Rolle*) geleitete elektrische Strom einen Funken, und zeigt Spuren der Wasserzersetzung, wenn man die Spitze des amalgamirten Drahtes, welcher von der Säule ausgeht, oder desjenigen, welcher zum gewundenen Kupferstreifen führt, aus dem beide verbindenden Quecksilber zieht.

4) Inductionselektricität.

§. 179. *b.* Wenn der elektrische Strom einen leitenden Draht durchströmt, und ein anderer Draht, beide gegen den Uebergang der Elektricität durch einen isolirenden Ueberzug geschützt, ihm in geringem Abstande parallel läuft, so wird auch in diesem letzteren ein elektrischer Strom erzeugt, welcher mit dem ursprünglichen gleiche Richtung hat. Dieser zweite Strom erzeugt in einem dritten Drahte abermals einen ihm gleichen, und so fort, wenn gleich von abnehmender Stärke. Man benutzt hauptsächlich den zweiten sogenannten Inductionstrom zur Construction der Inductionsrollen, die sich durch ihre ausnehmend starken physiologischen Wirkungen auszeichnen.

Digitized by Google

Der inducirte elektrische Strom wird allezeit hervorgerufen, der primäre soy von welcher Art er wolle; man wählt aber in der Regel den hydroelektrischen, und bedient sich dann eines mit Seide übersponnenen Kupferdrahtes. Wirksame Inductionsrollen gibt ein über 1 Lin. dicker, mit Seide übersponnener Kupfer- oder Messingdraht, welcher fig. 35 vom einen Pole *k* der hydroelektrischen Kette ausgehend mehrmals um eine hölzerne Rolle gewunden ist, in welcher viele Eisendrähte stecken, und zwischen dessen Windungen andere zahlreiche Windungen eines etwa 0,3 Lin. dicken, gleichfalls mit Seide übersponnenen, Kupferdrahtes umgewickelt sind. Da der el. Strom im ersten Drahte ein stets fortdauernder ist, so muss die Elektricität im zweiten ruhen, und in sich selbst zurücklaufen, wenn die Enden *a* und *b* vereint sind. Wird aber der erste Strom unterbrochen, so vereinigen sich die getrennten Elektricitäten im zweiten wieder, und man empfindet bei der Berührung der beiden Enden *a* und *b* eine Erschütterung, deren Heftigkeit mit der Länge des zweiten Drahtes, der Dicke des ersten, der Stärke des el. Stromes und der zweckmässigen Anordnung der Windungen bis zum Unausstehlichen wächst, weswegen man sie mit gehöriger Mässigung vorzugsweise zum medicinischen Gebrauche anwendet. Durch verschiedene Vorrichtungen werden die Unterbrechungen des primären Stromes in schnellen Wechseln bewirkt, was zugleich die Heftigkeit der Empfindung steigert.

Diese Erscheinungen stehen in nahem Zusammenhange mit denen, welche die fünfte Art der Erzeugung der E. nämlich die *Magnetoelektricität* zeigt, wovon unten §. 198. *a.* die Rede seyn wird.

§. 180. Die gesammten elektrischen Erscheinungen lassen sich am leichtesten erklären, wenn man einen eigenthümlichen Stoff als Ursache derselben annimmt, welcher in Gemässheit der überwiegenden Gründe, die für den Dualismus entscheiden, aus zwei verschiedenen, sich neutralisirenden, Bestandtheilen zu bestehen scheint.

Digitized by Google

Die E. wird nach quantitativen Verhältnissen von den verschiedenen Körpern festgehalten und an genäherte abgegeben, sie bewegt sich in gewisser Zeit und mit messbarer Kraft bei Ueberwindung des Widerstandes durch einen gegebenen Raum, durchdringt ausserdem als leuchtendes Fluidum den Torricelli'schen Raum, so dass sie hiernach nicht füglich etwas anderes als ein feiner ätherischer Stoff seyn kann.

Es gibt zwei Theorieen zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen. Nach der einen, welche vorzüglich *Franklin* aufgestellt und unter Andern *Aepinus* wissenschaftlich behandelt hat, gibt es nur *eine* elektrische Materie, welche im Zustande des Gleichgewichts alle Körper in gleicher Stärke erfüllt, und desswegen nicht wahrgenommen werden kann. Tritt sie aus diesem Zustande heraus, so erhält ein Körper entweder mehr oder weniger, als im Zustande des Gleichgewichtes, + oder −, und ist hiernach also positiv oder negativ elektrisch. Man nennt diese Theorie, nach welcher sich die Phänomene, jedoch nur mit einiger Willkühr, erklären lassen, die Franklin'sche, und ihre Anhänger Unitarier. Nach einer andern, schon von *du Fay* angenommenen, nach *Symmer* benannten, durch *Cigna* hauptsächlich vertheidigten, Theorie gibt es zwei elektrische Materien, welche jede für sich einander entgegengesetzt sind, und verbunden sich neutralisiren. Die Anhänger dieser Hypothese heissen Dualisten, und ihre Zahl ist gegenwärtig bei weitem die grösste. Merkwürdig ist die durch *Schönbein* gemachte Entdeckung, dass das riechbare Princip der Elektricität dem Sauerstoffgas, welches aus dem durch sie zerlegten Wasser erhalten ist, bleibend adhärirt.

§. 181. Was die Elektricität an sich und ihrem Wesen nach sey, darüber wagt man in der jetzigen, den Hypothesen minder günstigen, Zeit nicht zu entscheiden.

D. Magnetismus.

§. 182. Die gesammten, bis jetzt bekannten, magnetischen Erscheinungen lassen sich unter vier Classen

Digitized by Google

ordnen, welche zwar sämmtlich mit einander zusammenhängen, jedoch einzeln betrachtet eine leichtere Uebersicht gewähren.

1) Magnetismus des Eisenerzes und Stahles.

§. 183. Der in grosser Menge vorhandene Magneteisenstein zeigt, wenn er einige Zeit mit der Luft in Berührung war, die Eigenschaft, das Eisen anzuziehen, und bei freier Bewegung eine bestimmte Richtung nach den Weltgegenden anzunehmen. Diejenigen Stellen eines natürlichen Magnets, wo sich diese Kraft der Anziehung vorzugsweise zeigt, während sie an andern geringer oder gar nicht vorhanden ist, nennt man die magnetischen Pole, und zwar Nordpol und Südpol.

Als natürliche Magnete erscheinen vorzugsweise die sehr allgemein, besonders in den nördlichen Theilen der Erde, *Norwegen*, *Sibirien* und auf der Insel *Elba* sich findenden Stücke des braunschwarzen Magneteisensteins. Kleinere Stücke desselben sind zuweilen in anderen Gesteinen eingesprengt, und machen diese magnetisch. Die Polarität des magnetischen Eisensteins erkennt man sogleich, wenn man ihn mit Eisenfeilicht bestreuet und die Stellen aufsucht, wo dasselbe am stärksten angezogen wird. Jeder Magnet hat mindestens zwei Pole, manche anomale haben mehrere, und scheinen aus verschiedenen kleineren, durch unmagnetische Fossilien getrennten, Magneten zu bestehen.

§. 184. Beide Pole ziehen einzeln das Eisen an, gegen einander zeigen sie Anziehung der ungleichnamigen und Zurückstossung der gleichnamigen Pole. In der Berührung mit Stahl, Nickel und Kobalt erzeugen sie in diesen bleibende magnetische Kraft, welche ausserdem durch vielfache Ursachen hervorgerufen wird. Sowohl bei den hierdurch entstandenen künstlichen, als auch den natürlichen Polen heben sich die gegenseitigen Anziehungen nicht auf, sondern sie verstärken sich wechselseitig, und bilden durch zwischen ihnen befindliches Eisen den geschlossenen magnetischen Kreis.

Digitized by Google

Die gegenseitige polare Anziehung benutzt man zu allerlei Spielereien, indess wirkt sie in einiger Entfernung nur schwach, und kann daher keine bedeutende mechanische Bewegung hervorbringen. Die Anziehung des Eisens ist eine Folge davon, dass dasselbe durch die Einwirkung eines Magnetes gleichfalls magnetisch wird, und zwar auf längere oder kürzere Zeit nach aufgehobener Berührung bleibend, je nachdem es mehr oder weniger unrein ist. Glasharter Stahl wird schwer polarisch, federharter dagegen leicht durch Bestreichen oder nur durch Berührung mit einem Magnete, und zwar um so viel stärker, je grösser und stärker dieser ist. Manche vorgeschlagene künstliche Arten des Streichens sind wahrscheinlich ganz unnütz. Ausser dem Stahle werden nur noch Nickel und Kobalt nicht bloss angezogen, sondern auch bleibend magnetisch. Der federharte Stahl ist selten oder nie ganz unmagnetisch und erhält die Polarität durch die verschiedensten Ursachen, als Schlagen, Stossen, Reiben, Schleifen, Ablöschen, insbesondere durch die Elektricität, worauf die Erscheinungen des Elektromagnetismus beruhen.

Bei einem natürlichen Magnete schleift man die beiden Pole eben, legt an jeden eine Scheibe weiches Eisen mit einem Fusse, und bindet diese mit Bindfaden oder mit Draht fest; dann heisst er armirt, und wird hierdurch ausnehmend verstärkt. Den künstlichen Magneten gibt man verschiedene Formen, meistens die eines Hufeisens. Legt man mehrere Magnete zusammen, so erhält man die magnetischen Batterieen, oft von bedeutender Stärke. Zwei Magnete, mit ihren freundschaftlichen Polen zusammengebracht, hängen mit einer Kraft zusammen, welche der Summe ihrer einzelnen Kräfte gleich ist, und überhaupt wird eine grössere Masse Eisen gehoben, wenn man dasselbe auf irgend eine Art polarisch macht. Der Magnetismus durchdringt alle bekannte Körper vollständig, diejenigen aber, welche magnetisch werden, nur unvollständig. Flaches Eisen hebt seine Kraft nicht auf, schwächt sie aber bedeutend.

Digitized by Google

§. 185. Der Magnetismus, sowohl bei natürlichen Magneten als künstlichen, bei ersteren jedoch ungleich schwerer, wird aufgehoben durch die Einwirkung des gleichnamigen Poles eines bedeutend stärkeren Magnetes, und durch Glühhitze.

Die Polarität der Nadeln und künstlichen Magnete wird aufgehoben, und zuletzt umgekehrt durch Streichen mit dem gleichnamigen Pole. Natürliche Magnete können nur durch die Einwirkung grosser Batterieen umgekehrt polarisch werden. Wärme, schon unter Siedehitze, schwächt den Magnetismus merklich, und weissglühendes Eisen wird gar nicht angezogen.

§. 186. Die Kraft der magnetischen Anziehung ist dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

Hierin liegt der Grund, wesswegen die Anziehung der Magnete in der Berührung so stark ist, dass man den Anker an grössere Magnete nicht anlegen kann, ohne den Stoss beider gegen einander zu hören.

2) Tellurischer Magnetismus.

§. 187. Aus dem polarischen Verhalten zweier Magnete gegen einander folgt, dass die Erde selbst ein Magnet sey, von welchem dann die meisten Bezeichnungen bei den Magneten überhaupt hergenommen sind.

Da sich gleichnamige Pole abstossen, ungleichnamige aber anziehen, so lässt die beständig gleichmässige Richtung der natürlichen und künstlichen Magnete, wenn sie beweglich sind, auf den tellurischen Magnetismus der Erde schliessen. Nennt man daher den nach Norden sich richtenden Pol eines Magnetes dem herrschenden Sprachgebrauche gemäss den Nordpol, so muss die Erde, welche hierauf anziehend wirkt, im Norden südpolarisch seyn. Von der Erde, als Magnet betrachtet, sind dann die Ausdrücke der magnetischen Pole, des magnetischen Aequators und der magnetischen Meridiane hergenommen.

Digitized by Google

§. 188. Als die erste Wirkung des tellurischen Magnetismus ist es anzusehen, dass unmagnetisches Eisen, zwischen den magnetischen Polen der Erde gehalten, magnetisch wird.

Die Erde wirkt zwar auf alle Körper als ein wirklicher Magnet, am auffallendsten ist dieses aber bei reinem weichen Eisen, welches, in der Richtung der Inklinationsnadel gehalten, unten nord- und oben südpolarisch wird. Beim Umkehren des Eisens, am besten einer Stange, wechseln diese Pole.

§. 189. Nadeln von federhartem Stahl, durch Streichen mit einem Magnete magnetisirt und dann frei schwebend aufgehangen, dienen dazu, theils durch ihre leichte Beweglichkeit die Anwesenheit kleiner Spuren des Magnetismus zu prüfen, theils die Richtung des magnetischen Meridians der Erde genau zu bestimmen, endlich auch die Kraft, womit sie in diesen magnetischen Meridian gezogen werden, durch die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu messen.

Kleine Magnetnadeln und von mittlerer Grösse werden am besten von Uhrfedern oder Stahldrähten gemacht. Zur leichten Beweglichkeit versieht man die zu Compassen bestimmten mit einem Achathütchen, und balancirt sie fein auf einer harten Stahlspitze. Soll aber die Beweglichkeit noch grösser seyn, so hängt man sie vermittelst eines sehr feinen messingnen Häkchens an einem ungezwirnten Seidenfaden, und die ganz feinen an einem Spinnenfaden oder Kokonfaden auf, bei denen man aber dennoch die Torsion berücksichtigen muss. Verbindet man die beiden Punkte ihrer Enden, wo die magnetische Kraft am stärksten ist, durch eine gerade Linie, so ist diese ihre magnetische Axe.

Der Kreis, welchen die Spitze der Magnetnadel durchläuft, wird verschieden eingetheilt. Zum Messen der Winkel theilt man ihn bei der Boussole in 360 Grade; bergmännisch enthält er Stunden und Achtel derselben; für den beweglich balancirten Schiffs-Compass zeichnet man auf denselben die Windrose.

Digitized by Google

Die Mineralien prüft man auf ihren Gehalt an magnetischen Substanzen vermittelst jeder Magnetnadel nach den Gesetzen der polarischen Anziehung und Abstossung. Um aber die magnetische Kraft einer Nadel zu verschiedenen Zeiten, an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Bedingungen zu prüfen, darf man nur berücksichtigen, dass jede Nadel pendelartig schwingt. Nennt man daher die magnetischen Kräfte g und g^1; die Zahl der Schwingungen der nämlichen Nadel in gleichen Zeiten m und n; so ist $g : g^1 = m^2 : n^2$.

§. 190. Der magnetische Meridian fällt nicht allgemein mit dem geographischen zusammen, sondern weicht an verschiedenen Orten mehr oder weniger davon ab. Diese Abweichung ist nicht bloss an den verschiedenen Orten der Erde verschieden, und sogar in langen, noch nicht bestimmten, vielleicht gar nicht regelmässigen, Perioden veränderlich, sondern zeigt auch einen gewissen, von den Jahres- und Tages-Zeiten abhängigen Wechsel. Ausserdem gibt es mehrere einzelne, zum Theil noch problematische Ursachen, welche die Richtung der Magnetnadel afficiren.

Es gibt auf der Erde zwei Linien ohne Abweichung, oder wo der magnetische und astronomische Meridian zusammenfallen; die eine läuft durch den atlantischen Ocean, durchschneidet einen Theil von Südamerika, fällt dann in das Continent von Nordamerika und läuft in demselben nordwestlich in wenig gekrümmter Richtung; die andere geht durch Neuholland, das indische Meer, Persien, das westliche Sibirien bis Lappland in starken Krümmungen. Auf beiden Seiten dieser Linien zeigt die Nadel eine verschiedene östliche oder westliche Abweichung (in Europa westlich), welche sich indess in langen Perioden verändert. In Deutschland beträgt die westliche Abweichung, von Osten nach Westen zunehmend, ohngefähr zwischen 18 und 21 Grad, hat jetzt ihr Maximum erreicht und ist schon wieder im Abnehmen. Verbindet man die Orte mit gleicher Abweichung durch Linien, so heissen diese *isogonische*. Ausserdem zeigt die Dekli-

Digitized by Google

nationsnadel kleine jährliche Variationen, welche mit den Jahreszeiten wechseln und im Sommer am geringsten sind, zugleich aber tägliche, welche dann am grössten sind, und einige Stunden nach Aufgang der Sonne und nach ihrem Durchgange durch den Meridian die grössten Differenzen darbieten. Man beobachtet sie vermittelst der durch *Gauss* erfundenen *Magnetometer*, grosser an feinen Drähten oder Strängen von ungezwirnter Seide aufgehangener Magnetstäbe, die mit einem Spiegel versehen sind, welcher das Bild einer entfernten Skale in ein gleich entferntes Fernrohr bringt.

§. 191. Wenn eine in ihrem Schwerpunkte genau balancirte Nadel so aufgehangen wird, dass sie sich in der verticalen Ebene frei und leicht bewegen kann, so wird sie nach dem Magnetisiren auf der nördlichen Halbkugel mit dem Nordpole, auf der südlichen mit dem Südpole herabsinken, und mit dem Horizonte einen den Graden der Breite proportionalen Winkel bilden. Solche Nadeln, in einem zum Messen dieses Winkels bequemen Apparate, heissen Inklinationsnadeln, *Inclinatoria*. Sie zeigen den Inklinationswinkel bloss dann genau, wenn sie im magnetischen Meridiane gerichtet sind, nehmen aber die lothrechte Stellung an, wenn sie mit demselben einen rechten Winkel bilden. Die Beobachtungen mit denselben in verschiedenen Gegenden der Erde zeigen das Vorhandenseyn eines eigenen, weder mit dem Aequator der Erde zusammenfallenden noch auch die magnetischen Meridiane insgesammt normal schneidenden magnetischen Aequators.

Jede vor dem Magnetisiren genau balancirte Deklinationsnadel sinkt nach dem Magnetisiren mit ihrem der Erdhalbkugel zugehörigen Pole herab, und es muss daher auch die Nadel im See-Compass für die verschiedenen Breiten durch ein Gegengewicht balancirt seyn. Weil aber eine Inklinationsnadel leicht ungleich balancirt seyn kann, so findet man den Inklinationswinkel am einfachsten, wenn man die Pole der Nadel umkehrt, und zwischen den Graden, die sie beidemale zeigt, das arithmetische Mittel nimmt.

Digitized by Google

Der magnetische Aequator ist eine um die Erde laufende Linie, auf welcher die Inklinationsnadel horizontal steht, und von welcher aus die Inklination auf beiden Seiten mit den Graden der Breiten wächst, über den magnetischen Polen aber = 90° wird. Die genaue Bestimmung desselben ist schwierig, da er einige bedeutende Krümmungen zeigt. Dabei ist streitig, ob es nur einen magnetischen Pol neben jedem Pole der Erde gibt, oder nicht vielmehr, mindestens auf der nördlichen Halbkugel, zwei. Dem einen derselben, an der Nordküste von Amerika, ist *Parry* auf seinen letzten Reisen sehr nahe gekommen, *Ross* aber befand sich auf demselben. Er liegt hiernach unter 70° 5′ 17″ N.B., 96° 45′ 18″ W. L. v. G. und hat den Umfang einer engl. Meile. Die Variationen der Inklination sind weit geringer als die der Deklination. Vereinigt man die Orte mit gleicher Neigung durch Linien, so heissen diese *Isoklinen*.

§. 192. Die Stärke der magnetischen Anziehung nimmt vom Aequator nach den Polen zu, bei bedeutender Erhebung über die Oberfläche der Erde aber nicht merklich ab, so dass der Magnetismus hiernach zu schliessen, sich bis in unendliche Fernen erstrecken müsste. Seit langer Zeit hat man die Erscheinungen des tellurischen Magnetismus aus der Wirkung eines oder mehrerer Magnete im Innern der Erde zu erklären versucht, eine Hypothese, welche durch die neuesten Entdeckungen mindestens sehr schwankend gemacht ist, indem man nach den täglichen, mit dem Laufe der Sonne zusammenfallenden, Variationen vielmehr geneigt ist, die Erde für einen thermoelektrischen Magnet zu halten.

V. Humboldt fand aus den Schwingungen seiner Nadel, dass die magnetische Kraft in Peru sich zu der in Paris wie 0,742 : 1 verhielt. Hiernach nimmt also die magnetische Kraft nach den Polen zu, und dieses Gesetz ist allgemein hinsichtlich auf die Inklinationsnadel. Die Kraft der Deklinationsnadeln nimmt aber ab, wenn sie sich dem magnetischen Pole nähern, und wird ganz in der Nähe desselben so schwach, dass sie die feinsten

Digitized by Google

Nadeln überall nicht mehr zu bewegen vermag, eine Erscheinung, welche bei einer Nadel über oder unter einem grossen, ihre eigene Länge weit übertreffenden, magnetischen Pole der Natur der Sache nach stattfinden muss. Es gibt sonach eine horizontale und eine verticale magnetische Kraft, beide vereint geben die Gesammtkraft des tellurischen Magnetismus, welche ungleich über der Erde vertheilt ist. Verbindet man die Orte von gleicher magnetischer Intensität durch Linien, so heissen diese *isodynamische.*

Die Behauptung, dass die magnetische Kraft in merklicher Erhebung über die Oberfläche der Erde nicht messbar abnehme, stützt sich auf die Beobachtung von *Gay-Lüssac*, welcher bei seinem aërostatischen Aufluge die Zahl der Schwingungen der mitgenommenen Nadel eben so gross fand, als auf der Oberfläche der Erde, ohne jedoch die ungleiche Temperatur zu berücksichtigen. Nach einigen späteren Versuchen will man allerdings eine geringe, bei zunehmender Entfernung von der Erdoberfläche sich zeigende, Verminderung der magnetischen Kraft wahrgenommen haben. Berücksichtigt man zugleich, dass die magnetische Kraft, eben wie die Schwere, dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional ist, so führt die Analogie zwischen beiden allerdings zu der Annahme, dass auch die magnetische Kraft, wie die Schwere, durch das ganze Universum wirksam seyn könne.

Verschiedene Gelehrte suchten den Magnetismus der Erde, worauf die Inklinationen, Deklinationen und Intensitäten beruhen, auf die Wirkung eines, zweier, vier oder mehrerer Magnete im Innern der Erde, oder auch auf die Polarität des ganzen festen Erdkerns zurück zu führen. Indess ist hiermit die mit der Erhebung der Sonne über den Horizont und ihren Durchgang durch den Meridian correspondirende tägliche Variation der Magnetnadel nicht wohl vereinbar. Nach der neuesten, auf die leichte und allgemeine Erzeugung der E. durch Wärme gestützten Hypothese (§. 179. *a.*) ist die Erde ein Thermomagnet, d. h. sie wird in Folge der täglichen Erwärmung durch die Sonnenstrahlen zum Magnete.

Digitized by Google

3) Vorübergehender Magnetismus durch Magnetismus erzeugt.

§. 193. Verschiedene Körper scheinen auch ohne Mitwirkung des Eisens die Magnetnadel zu afficiren. Geringe Spuren von Eisen in anderen Metallen bewirken theils ein Angezogenwerden solcher Mischungen; theils die Erzeugung eines eigenthümlichen polarischen Verhaltens derselben gegen zwei magnetische Pole. Einige Metalle aber, namentlich das Kupfer in Scheiben, erhalten bei schneller Rotation durch die Einwirkung eines starken Magnetes eine eigenthümliche, auf den erregenden Magnet zurückwirkende, magnetische Polarität.

Wenn an sich nicht magnetische Körper eine Einwirkung auf die Magnetnadel äussern, wie aus einigen Erscheinungen gefolgert wird, so bleibt es fraglich, wie viel hiervon dem steten Wechsel ihres elektrischen Verhaltens oder in ihnen befindlichem Magneteisenstein zuzuschreiben ist. Metalldrähte mit geringen Spuren von Eisen werden durch einen Magnet schwach angezogen, zugleich aber erzeugt der eine Pol eines kräftigen Magnetes in ihnen einen so starken Magnetismus, dass sie dann vom entgegengesetzten Pole angezogen werden. Metallscheiben, namentlich kupferne, zeigen auch ohne beigemischtes Eisen zwar keine Polarität, wohl aber einen, die Stärke desselben mindernden, Einfluss auf genäherte Magnetnadeln; werden sie aber schnell um ihre Axe gedreht, so erzeugt ein genäherter Magnet in ihnen einen eigenthümlichen polarischen Magnetismus, wonach sie an einigen Stellen anziehend, an anderen abstossend gegen den nämlichen Pol wirken. Die Erscheinung gehört zum Iductiosmagnetismus (§. 179. *b*.).

4) Magnetismus durch Elektricität.

§. 194. Ein vorzügliches Mittel, den Magnetismus in allen Metallen, auch in solchen zu erregen, welche sonst völlig indifferent dagegen sind, so wie überhaupt in allen denjenigen Körpern, durch welche ein Strom der Elektricität geleitet wird, ist die Elektricität.

Digitized by Google

Man wusste schon seit langer Zeit, dass Stahlnadeln durch den elektrischen Funken, oder überhaupt durch Flaschenschläge, magnetisch würden; namentlich zeigte der Blitz auf magnetische sowohl als nicht-magnetische Nadeln und sonstige stählerne Werkzeuge mehrmals diese Wirkung. Indess machte *Oersted* zu Kopenhagen im Anfange des Jahres 1820 die höchst wichtige Entdeckung, dass der Verbindungsdraht der beiden Pole einer Volta'schen Säule auf eine eigenthümliche Weise magnetisch wird. Seitdem ist dieser Gegenstand eben so viel als anhaltend von allen Seiten untersucht, und die Hauptsache desjenigen, was man dadurch aufgefunden hat, besteht in Folgendem.

§. 195. Ein Metalldraht, welcher bei einer einfachen Volta'schen Kette die + Elektricität vom Kupfer zum Zink leitet, wird auf eine solche Weise magnetisch, dass er in der Richtung von Nord nach Süd gerade ausgespannt, wie auch immer vorher oder nachher seine Krümmungen und Verschlingungen seyn mögen, den Nordpol einer unter ihm befindlichen Magnetnadel östlich, einer über ihm befindlichen westlich abweichend macht. Ist die Nadel zugleich so aufgehangen, dass sie sich auch neigen kann, so wird ihre Nordspitze, wenn sich die Axe derselben mit der des Drahtes in einer horizontalen Ebene befindet, an einer Seite herabgedrückt, an der andern in die Höhe gehoben werden. Stellt man sich also den elektrischen Strom von Nord nach Süd gerichtet vor, so wird die Nordspitze der Nadel, unter dem Drahte befindlich nach Osten, an der linken Seite in die Höhe, über demselben westlich, an der rechten Seite herabwärts bewegt werden, mithin in der angegebenen Richtung ganz um den Draht herumlaufen. Dieses Herumlaufen nimmt man noch besser wahr, wenn man dem Leitungsdrahte eine verticale Richtung gibt. Dass die Bewegung der Südspitze die entgegengesetzte sey, versteht sich von selbst, auch sind diese Erscheinungen umgekehrt, wenn der Leitungsdraht die Pole einer zusammengesetzten Säule verbindet, indem dann der + elektrische Strom vom Zink zum Kupfer übergeht. Da die vom Leitungsdrahte ausgehende abstossende Kraft auf die Axe desselben perpen-

Digitized by Google

diculär gerichtet ist, so nimmt sie ab, so wie der Winkel wächst, welchen diese Axe mit der magnetischen Axe der Nadel macht, und hört auf, wenn dieser 90° wird.

Es ist sehr wichtig, diesen Oerstedschen Fundamentalversuch genau aufzufassen, weil sich alle die zahlreichen Erscheinungen des Elektromagnetismus darauf zurückführen lassen. Zuvörderst ist wichtig zu bemerken, dass der Rheophor die genannte magnetische Eigenschaft durch jeden elektrischen Strom, sey dieser ein reibungselektrischer, ein hydroelektrischer, ein thermoelektrischer oder ein magnetoelektrischer (§. 198.), während der Dauer desselben annimmt, und zwar ist die erzeugte magnetische Kraft der Menge der Elektricität, welche ihn durchströmt, proportional, weswegen man diese durch die bewirkte Abstossung der Magnetnadel zu messen vermag. Aus diesem Grunde ist die einfache hydroelektrische Kette wirksamer zur Erzeugung des Elektromagnetismus, als die zusammengesetzte, weil bei ihr der Leitungswiderstand am geringsten ist. Eben daher ist auch der thermoelektrische Strom sehr wirksam zur Erregung des Elektromagnetismus, der Leitungsdraht der Reibungselektricität dagegen bringt die Magnetnadel nicht zur Abweichung, weil die Menge der ihn durchströmenden Elektricität verhältnissmässig geringe ist, und ihr Durchgang zu schnell erfolgt, um die Trägheit der Nadel zu überwinden. Die eigenthümliche Wirkungsart des elektrischen Leitungsdrahtes lässt sich daher leicht anschaulich machen. Zu diesem Ende nehme man eine Kupferplatte von nur etwa 1,5 bis 2 Zoll Durchmesser und eine gleich grosse Zinkplatte, löthe das eine Ende eines 2 oder 4 und mehr Fuss langen, etwa 0,2 Lin. dicken Kupferdrahtes an die eine, das andere an die andere dieser Scheiben, lege zwischen beide Scheiben eine mit gesalzenem oder gesäuertem Wasser getränkte Tuchscheibe oder dicke Papierscheibe und drücke sie nur mit den Fingern oder durch Einschieben in die Kerbe eines Klötzchens zusammen, so strömt die E. fortdauernd vom Kupfer zum Zink, und der Rheophor zeigt an jeder Stelle die angegebene Wirkung auf die Magnetnadel.

Digitized by Google

§. 196. Dass die beschriebenen Erscheinungen am leitenden Drahte ganz eigentlich magnetisch sind und auf magnetische Polarität deuten, ergibt die Beobachtung derselben unmittelbar. Zugleich aber folgt, dass der leitende Draht, wenn er hinlängliche Beweglichkeit hat, durch einen festgehaltenen Magnet auf gleiche Weise in Bewegung gesetzt werden muss, als er selbst festgemacht diesen beweglichen Magnet in Bewegung setzt, auch muss er nothwendig unter gehörigen Bedingungen durch den Erdmagnetismus afficirt werden.

Die eigenthümliche magnetische Beschaffenheit des Rheophor's zeigt sich, wenn man bei Anwendung einer etwas starken, einfachen hydroelektrischen Kette denselben mit Eisenfeilspähnen bestreuet, welche sich auf seiner ganzen Oberfläche anlegen, und somit zeigen, dass die magnetische Kraft in der ganzen Peripherie des Drahtes in einer auf seine Axe lothrechten Richtung thätig ist. Um die Rückwirkung des Magnetes auf den beweglichen Rheophor, im Gegensatze der Bewegung der Nadel durch diesen, und zugleich die Wirkung der Rheophore auf einander darzustellen, hat man eine Menge Apparate ersonnen, unter denen im Allgemeinen folgender genügen möge. Auf einem Brette *A B* fig. 36 wird eine gekrümmte Stange *a a* befestigt, an deren Ende sich das hölzerne Schälchen *m*, ähnlich dem zweiten *n*, auf dem Brette festsitzenden, befindet, beide mit etwas Quecksilber gefüllt. An einem Faden Knopfmacher-Seide *s* ist der gewundene 0,5 bis 0,75 Lin. dicke Kupferdraht frei schwebend aufgehangen, dessen gekrümmte Spitze in das Quecksilber *m* taucht, dann bis *α* herabgeht, durch die Biegungen *β*, *γ*, *δ*, *ε*, *μ* und den Kreis *ζ*, *λ*, *π* bis wieder zu *ν* fortläuft, und mit dem unteren Ende in das Quecksilber *n* taucht. Zu grösserer Haltbarkeit werden die Ecken *α* und *ζ* mit Seidenfäden, zur Vermeidung der metallischen Berührung, umwickelt und zusammengebunden, beide Spitzen aber vorher durch Bestreichen mit etwas salpetersaurer Quecksilberlösung amalgamirt. Wird dann der Leitungsdraht vom Kupfer einer einfachen Volta'schen Kette in das eine Schälchen mit Quecksilber,

Digitized by Google

der vom Zink in das andere geleitet, so durchläuft der el. Strom den ganzen Draht, und zeigt, dass derselbe durch einen genäherten Magnet, sowohl einen aus Stahl, als auch einen elektromagnetischen, angezogen und abgestossen wird.

§. 197. Der durch den elektrischen Strom hervorgerufene Magnetismus durchdringt, als solcher, die elektrischen Nichtleiter, während jener dadurch isolirt wird. Hierauf gründet sich die Anwendung des elektromagnetischen Condensators oder Multiplicators, und zugleich wird es dadurch leichter möglich, Stahlnadeln durch den Strom der Volta'schen, wie auch der Flaschen-Elektricität bedeutend stark zu magnetisiren.

Wenn ein Rheophor, welcher die Magnetnadel abweichen macht, hinter derselben umgebogen und in derselben verticalen Ebene unter ihr zurückgeführt wird, so muss er der Natur der Sache nach die Nadel nach derselben Seite abstossen, und seine Kraft daher doppelt seyn, gleichen Abstand vorausgesetzt. Letzteren bei vielen Windungen zu erreichen, ist zwar unmöglich, da aber ein dünner Ueberzug von Seide genügt, die strömende E. zu isoliren, und man den Draht sehr fein nehmen kann, so lassen sich die Windungen vielmal wiederholen, um die durch *Schweigger* erfundenen Multiplicatoren von 1 bis 2400 Umwindungen zu verfertigen. Vermittelst derselben lassen sich, je nach dem vorliegenden Zwecke, die schwächsten elektrischen Strömungen durch ihre Einwirkung auf die Magnetnadel auffinden. Da der Rheophor auf seiner oberen Seite die entgegengesetzte Wirkung äussert, als auf der unteren, so führte dieses *Nobili* zur sinnreichen Construction seiner *astatischen Nadel*. Diese besteht aus zwei mit parallelen Axen, aber verkehrten Polen, an einem gemeinschaftlichen Drahte befestigten Magnetnadeln, die noch den Vorzug haben, dass ihre Magnetismen sich gegenseitig binden und dadurch ungeschwächter erhalten. Die astasische Nadel, welche an einem Coconfaden aufgehangen wird, und die Construction der Multiplicatoren,

Digitized by Google

bei denen der Draht um einen vierkantigen hölzernen Rahmen gewunden wird, ist durch fig. 84 versinnlicht. Die Nadeln sind entweder völlig astatisch, und kommen in jeder Richtung durch die Torsion des Fadens zum Stillstande, oder sie sind etwas statisch durch die ungleiche Kraft der einen von beiden Nadeln. Eine astatische Nadel mit einem Multiplicator von etwa 500 Windungen, welcher also die ursprüngliche Kraft 1000mal verstärkt, wird durch den Strom einer Elektrisirmaschine in Bewegung gesetzt.

Die verstärkte Kraft der Multiplicatoren und die Schnelligkeit des el. Stromes in Metalldrähten führte zur Construction der *elektrischen Telegraphen.* Diese bestehen aus einer einfachen Nadel fig 87, die in einem starken Multiplicator frei schwebt, und an dem Drahte, woran sie befestigt ist, eine Scheibe von einer geeigneten Substanz trägt, auf deren einer Seite ein Kreuz, auf der andern eine sonstige Figur gezeichnet ist; im Allgemeinen sind die Zeichen oder Zahlen, die man hierfür wählt, willkührlich. Denkt man sich, dass der Beobachter gegen die scharfe Kante der Scheibe sieht, so wird diese, wenn sie durch den elektrischen von *a* oder *b* ausgehenden Strom abgelenkt ist, ihm die eine oder die andere Figur einmal oder wiederholt zuwenden, und dieses sind dann die ihm gegebenen Zeichen. Weit besser ist aber, mehrere solche Nadeln herzustellen, da man für n Nadeln nur $n + 1$ Leitungsdrähte bedarf, indem der elektrische Strom aller durch einen Draht zurückkehren kann. Wenn man berücksichtigt, dass bei Nacht und bei Tage, auch bei jeder Witterung, in unmessbar kurzer Zeit telegraphirt werden kann, so erscheint die Anwendung höchst wichtig; es steht aber entgegen, dass die Drähte bei langen Strecken in der Erde isolirt werden müssen. Neuerdings sind die el. Telegraphen, namentlich durch die Engländer, wesentlich verbessert.

Eine Stahlnadel, auf was immer für eine Weise elektrisch isolirt und unter den Leitungsdraht des elektrischen Stromes gebracht, die Axen beider parallel laufend, wird nicht magnetisch; geht jener aber über die Spitze der-

Digitized by Google

selben, oder bei kurzen Nadeln über ihre Mitte, unter oder über derselben hin, beider Axen normal gegen einander gerichtet, so wird sie magnetisch. Für einen oder einige heftige Schläge aus einer grossen Flasche ist es am bequemsten, wenn man die Nadel in eine Glasröhre steckt, diese mit einem übersponnenen Drahte umwickelt und den Schlag hindurchgehen lässt. Je nachdem die Richtung dieser Windungen und des elektrischen Stromes ist, wird der Nordpol an der einen oder der andern Seite zum Vorschein kommen. Bei zwei, durch entgegengesetzte Windungen verbundenen Glasröhren Fig. 38 werden die eingeschlossenen Nadeln durch einen Schlag entgegengesetzte Polarität erhalten, laufen aber die Windungen Fig. 39 zuerst nach der einen, dann nach der entgegengesetzten Seite, so erhält man an beiden Enden der Nadel gleiche, und in der Mitte entgegengesetzte Polarität. Sehr starke Flaschen erzeugen die Polarität in Nadeln auch dann, wenn der Leitungsdraht um Trommeln von 2 bis 6 F. Durchmesser gewunden ist. Windet man eine dicke stählerne Klaviersaite in Windungen, welche etwa 0,75 bis 1 Lin. von einander abstehen, um eine 2 Lin. dicke Glasröhre, legt über oder unter diese den Leitungsdraht mit ihrer Axe parallel, und lässt einen starken Flaschenschlag hindurchgehen, so erhält man einen Transversalmagnet, bei welchem beide Pole an den beiden Seiten der Röhre liegen. Windet man einen Metalldraht in nahe liegenden Windungen spiralförmig, Fig. 40, so erhält man einen Magnet, dessen auf beiden Flächen befindliche Pole wechseln, je nachdem der el. Strom von *a* nach *b* oder umgekehrt gerichtet ist.

Wenn man einen dicken, nach Art eines hufeisenförmigen Magnetes gebogenen, Draht von weichem Eisen mit einem verhältnissmässig bis 2 Lin. dickem, wo möglich mit Seide übersponnenen, Kupferdrahte in dichten Windungen umwindet, und die beiden Enden des letzteren mit dem Kupfer und dem Zinke leitend verbindet, so erhält man auch mit kleinen einfachen Volta'schen Ketten einen kräftigen Magnet. Stehen die Schenkel zweier solcher Elektromagnete *M* und *N* Fig. 41 einander gegenüber, und trifft man die Einrichtung, dass die Pole des

Digitized by Google

einen von ihnen, z. B. *N* wechseln, so werden sie von den unveränderten Polen des andern abwechselnd angezogen und abgestossen. Die hierdurch erzeugte grosse Kraft hat *Jacobi* zuerst als mechanisches Mittel zur Bewegung von Maschinen in Vorschlag gebracht. Für kleinere Maschinen ist der feststehende Magnet auch wohl ein bleibender von Stahl, für grössere verbindet man mehrere Elektromagnete, bei denen die Enden ihrer Schenkel in derselben Ebene liegen, auch nimmt man statt der Hufeisen gerade Stäbe. Zur Umkehrung der Richtung des elektrischen Stromes und der hierdurch bewirkten Veränderung der Pole dienen die verschiedenen *Commutatoren*. Zu den einfachen gehört unter andern die in isolirte Hälften getheilte Scheibe *m n* Fig. 42, welcher die Elektricität durch den Leiter *k* zugeführt, und in Folge ihrer Umdrehung abwechselnd durch *a* oder *b* nach entgegengesetzten Richtungen abgeleitet wird.

§. 198. Da weiches Eisen durch einen umgewundenen Draht, welchen der elektrische Strom durchströmt, polarisch magnetisch wird, so musste man vermuthen, dass ein Magnet in einem solchen Drahte einen elektrischen Strom erzeuge. Hierauf gründete *Faraday* die Erfindung der Magnetoelektricität.

Die angegebene Folgerung lag zwar sehr nahe, es stand aber die Schwierigkeit entgegen, dass der elektrische Strom im Rheophor ein stetiger, der Magnetismus im Magnete aber als ruhend zu betrachten ist, wonach er also beide Elektricitäten zwar zu trennen, aber nicht zum steten Strömen zu bringen vermag. *Faraday* gerieth daher auf die scharfsinnige Idee, dass man die durch den Magnetismus bewirkte Trennung beider Elektricitäten in einem verschwindenden Augenblicke auffangen müsse. Der einfachste Apparat, wodurch er dieses versinnlichte, besteht aus einem hohlen Cylinder von Holz, Pappe, Glas u. s. w. *A B* Fig. 43, um welchen beliebig viele Windungen übersponnenen Kupferdrahtes gewunden sind, dessen Enden *a* und *b* mit einem Multiplicator in Verbindung stehen. Senkt man in diesen Cylinder einen

Digitized by Google

Magnetstab schnell hinein, so weicht die Multiplicatornadel ab, kommt wieder zur Ruhe, und weicht nach der entgegengesetzten Seite ab, wenn man nach einiger Zeit den Stab schnell herauszieht. Dass der im Drahte vorhandene, dieses bewirkende Strom ein elektrischer sey, ergibt sich sofort, wenn man die Drähte *a* und *b* an irgend einer Stelle in metallische Berührung bringt, in welchem Falle dann der Strom bis zu dieser Stelle, und von da an wieder zurückläuft. Ist der in dem Drahte erzeugte el. Strom stark, so muss er auf gleiche Weise, als der Inductionsstrom (§. 169. *b.*) ausser den magnetischen Wirkungen auch chemische und physiologische zeigen, wenn er durch eine zerlegbare Flüssigkeit, oder durch den thierischen Körper geleitet wird, und auch Metall verbrennen, wenn die Berührung im Momente der erregten Strömung stattfindet.

Ausser dem beschriebenen, zur Anstellung des Fundamentalversuches geeigneten, Apparate hat man verschiedene andere ersonnen, um auch diese letztgenannten Wirkungen hervorzubringen. Bei den ersten wurde ein Anker von weichem Eisen mit übersponnenem Kupferdrahte umwunden, und durch geeignete Vorrichtungen schnell gegen die Schenkel eines Magnetes gestossen, und wieder von ihnen abgerissen. Man erkannte bald, dass die unmittelbare Berührung des Ankers mit dem Magnete nicht nothwendig sey, und dass es genüge, wenn nur der Anker schnell vor den Schenkeln des Magnetes vorbeigeführt würde. Hierbei zeigten sich künstliche Stahlmagnete wirksamer und auf allen Fall weit bequemer, als Elektromagnete, auch ergab sich, dass es für die physiologischen und auch chemischen Wirkungen vorzüglich grosser Magnete nicht bedürfe. Unter den verschiedenen hiernach construirten Maschinen ist die von *v. Ettingshausen* angegebene wohl die vorzüglichste, die von *Clarke* aber die üblichste. Vor den Enden *a* und *b* Fig. 44 eines aus mehreren Lamellen bestehenden Magnetes wird der auf einer horizontalen metallenen Spindel befestigte Anker, auf dessen eingeschrobenen Cylindern

Digitized by Google

α; β zwei hölzerne Rollen mit vielen Windungen aus übersponnenem Kupferdraht gesteckt sind, mittelst Rolle und Schnur schnell vorbeigeführt. Das eine Ende dieses Drahtes ist mit dem metallenen Theile γ der Ankerspindel verbunden, das andere ist isolirt durch diese Spindel bis zum gleichfalls isolirten Theile δ geführt, die in den Drahtwindungen erzeugte Elektricität geht durch die metallenen Federn x und y zu den durch Holz isolirten Metallstücken r und s, welche durch denjenigen Körper, z. B. den Draht l, verbunden werden, den der el. Strom durchströmen soll. Haben die Rollen wenige Windungen dicken Drahtes, so geben sie den Quantitäts-Anker, haben sie aber viele dünneren Drahtes, so geben sie den Intensitäts-Anker, Ersteren zur Erzeugung der Wärme, Letzteren für physiologische und chemische Wirkungen.

§. 199. Zur Erklärung dieser gesammten Erscheinungen hat man verschiedene Hypothesen aufgestellt, von denen keine bis jetzt allgemein angenommen ist.

Einige waren geneigt, Elektricität und Magnetismus für identisch dem Wesen nach zu halten, da aber die Elektricität isolirbar ist, der Magnetismus dagegen alle Isolatoren frei durchdringt, so können beide unmöglich identisch seyn. Leichter und angemessener ist die Vorstellung, dass der el. Strom den im Leitungsdrahte und seiner Umgebung gebundenen Magnetismus in nord- und süd-polaren trennt. Für das magnetische Fluidum sind dann bloss Stahl, Nickel und Kobalt Nichtleiter, alle übrige Körper Leiter.

§. 200. Die bisherigen Untersuchungen zeigen den genauesten Zusammenhang zwischen den elektrischen und magnetischen Erscheinungen; dennoch lässt sich bei den einzelnen leicht unterscheiden, welche der Elektricität oder dem Magnetismus zunächst angehören.

Die getrennten Elektricitäten durchströmen die leitenden Körper fortdauernd, die Magnetismen werden aber im Rheophor bloss momentan, im Magneteisenstein, dem Stahl, Nickel und Kobalt dagegen bleibend getrennt.

Digitized by Google

Genau genommen gibt es daher dem Wesen nach nur gleichartige hydroelektrische, thermoelektrische und magnetoelektrische Ströme, wobei der gangbare Ausdruck: Thermomagnetismus, richtig verstanden, immerhin bestehen mag.

Dritte Abtheilung.

Angewandte Physik.

1. *Mathematische Geographie.*

§. 201. Die Erde ist im Allgemeinen kugelförmig, erscheint uns aber wegen ihrer Grösse an jedem einzelnen Orte, wo wir uns befinden, flach. Für ihre Kugelform entscheiden der aller Orten in gleicher scheinbarer Entfernung aufliegende Horizont, das allmälige Verschwinden irdischer und himmlischer Objecte, wenn man sich auf ihr von einem Orte zum andern bewegt, namentlich der Sterne im Meridiane, wenn die Bewegung vom Aequator nach den Polen gerichtet ist, ihr Schatten auf dem Monde, und vorzüglich die Reisen um dieselbe.

Horizont bezeichnet die Begrenzung einer durch das Auge des Beobachters gelegten horizontalen Ebene durch das ringsum aufliegende Himmelsgewölbe. Rückt dieses stets weiter, so verschwindet der Erdhalbmesser gegen diese Entfernung, und man erhält eine durch das Centrum der Erde gelegte, vom Himmelsgewölbe begrenzte, Ebene (den Horizont der Erdgloben) als *wahren* Horizont. Eine auf die Oberfläche der Erde gelegte Ebene heisst dagegen der *scheinbare* Horizont, der Winkel aber, welchen

Digitized by Google

zwei, von einem Himmelskörper ausgehende, nach dem Mittelpunkte der Erde und nach dem Beobachtungspunkte gezogene Linien mit einander machen, heisst die Horizontalparallaxe.

Erhebt man sich über die Oberfläche der Erde, so muss man vermöge ihrer sphäroidischen Gestalt irdische Gegenstände in grösserer Entfernung sehen können. Folgende lothrechte Höhen in Pariser F. und Weiten, wohin man sehen kann, in geographischen Meilen, gehören einander zu:

Höhe.	*Weite.*	*Höhe.*	*Weite.*
100 —	2,75	4500 —	18,40
200 —	3,88	5000 —	19,40
300 —	4,75	6000 —	21,25
400 —	5,50	7000 —	22,96
500 —	6,17	8000 —	24,50
1000 —	8,66	9000 —	26,04
1500 —	10,62	10000 —	37,44
2000 —	12,30	12000 —	30,06
2500 —	13,72	14000 —	32,50
3000 —	15,04	16000 —	34,70
3500 —	16,25	18000 —	36,80
4000 —	17,36	20000 —	38,80

Die Reise um die Erde (um die Welt) des Portugiesen *Hernando Magalhaens* im J. 1510—22 diente vorzüglich dazu, die Vorstellung von der kugelförmigen Gestalt der Erde zu versinnlichen. Seitdem sind sie oft wiederholt, hauptsächlich durch *Cook*, und gegenwärtig sind fast unausgesetzt Entdeckungsschiffe auf solchen Reisen begriffen, deren Zweck ist, die Erdkunde zu erweitern.

§. 202. Ueberall, wo man sich auf der Erde befindet, geht die Fall-Linie (§. 28.) nach dem Mittelpunkte derselben. Diese verlängert gibt oben das *Zenith*, unten den *Nadir;* diejenigen Linien aber, welche vom Standpunkte oder eigentlicher vom Auge des Beobachters nach allen Seiten ausgehend die Horizontalebene schneiden, geben die *Weltgegenden*, worunter diejenigen die wichtigsten sind,

Digitized by Google

welche nach den vier Cardinalpunkten Nord, Süd, Ost und West laufen.

Die Horizontalebene dient in der Astronomie und Geodäsie als Grundlage des Messens. Die Winkel, welche die von den Himmelskörpern in das Auge des Beobachters gehenden geraden Linien mit ihr bilden, heissen die *Höhen* dieser Himmelskörper; die Neigungen der von verschiedenen irdischen oder himmlischen Gegenständen in das Auge des Beobachters gezogenen Linien gegen einander geben die *Azimuthalwinkel;* und wenn man diese in die Horizontalebene niederlegt, so gibt dieses die Reduction auf den Horizont. Grösste Kreise durch Zenith und Nadir gezogen heissen *Scheitelkreise, Vertikalkreise.* Derjenige von diesen, welcher durch den Polarstern geht, heisst mit genäherter Genauigkeit der *Meridian,* derjenige aber, welcher durch das Centrum des vom Polarsterne am Himmel beschriebenen Kreises geht, heisst der wahre oder astronomische *Meridian;* und eine Durchschnittslinie desselben und der Horizontalebene durch den Punkt des Beobachters heisst die *Mittagslinie.* Sie gibt *Norden* und *Süden,* die sie normal schneidende *Osten* und *Westen.* Theilt man, von diesen Hauptpunkten ausgehend, den ganzen Horizontalkreis dann noch in 28 Theile, so erhält man die *Windrose,* welche von den Schiffern durch Halbiren zuweilen im Ganzen in 64, besser in 32 Theile getheilt wird.

§. 203. Die scheinbare tägliche Umdrehung des Himmelsgewölbes ist eine Folge der Umwälzung der Erde um ihre Axe, deren Endpunkte die Erdpole, und wenn sie bis an das Himmelsgewölbe verlängert werden, die Weltpole bilden. Hieraus entsteht auf der Erde und am Himmel der Aequator, ein grösster Kreis, welcher von den Polen 90° entfernt ist.

Eigentlich drehen sich die Himmelskörper nur scheinbar täglich einmal von Osten nach Westen um die Erde. Dass dieses eine Folge der Umdrehung der Erde um ihre Axe von *W.* nach *O.* sey, folgt nothwendig aus der weiten Entfernung der Himmelskörper, welche die un-

Digitized by Google

geheuern Bahnen in so kurzer Zeit nicht durchlaufen könnten, und aus der Schwungkraft, welche wir auf der Erde wahrnehmen (§. 30.).

Der *Aequator* oder Gleicher ist so genannt, weil jeder in ihm befindliche Himmelskörper gleiche Zeit über und unter dem Horizonte verweilt, wesswegen auch die Sonne, wenn sie sich in ihm befindet, über der ganzen Erde die Tage den Nächten gleich macht. Er wird auf der Erde und am Himmel in 360 Grade getheilt.

§. 204. Die Erde ist einer der eilf Planeten des Sonnensystems. Sie bewegt sich alle Jahre um die Sonne, wodurch die scheinbare jährliche Bewegung der letzteren entsteht. Die Bahn, welche sie unter den Gestirnen durchläuft, heisst die Ekliptik, und ist in zwölf Theile getheilt, welche von den Bildern der Thiere, wozu die Alten die Sterne vereinigten, der Thierkreis genannt wird.

Unter den Himmelskörpern unterscheidet man die *Fixsterne* oder Sonnen, welche mit fast unmerklicher Veränderung stets den nämlichen Ort beibehalten; die *Kometen*, deren Zahl unbekannt, aber sehr gross ist, und deren meistens elliptische Bahnen um die Sonne in jeder Hinsicht höchst verschieden sind, und die *Planeten*, wozu unsere Erde gehört, nebst deren *Trabanten*. Die Alten nahmen sieben Planeten als Regierer der sieben Wochentage und zugleich der ganzen Jahre an, die sie mit dem ihnen zugehörigen Tage anfingen, die Erde aber dachten sie sich in der Mitte des Ganzen stillstehend; *Copernicus* dagegen setzte die Sonne in die Mitte als stillstehend, liess die Erde nebst noch fünf Planeten sich in Kreisen um dieselbe bewegen, und machte den Mond zum Trabanten der Erde. Nachher entdeckte man seit *Galilei* die 4 Trabanten des Jupiter, und 5 des Saturn. *Herschel* entdeckte 1781 den *Uranus*, bald nachher noch 2 Trabanten des Saturn und 6 des Uranus. Erst 1801 entdeckte *Piazzi* die Ceres, 1802 *Olbers* die Pallas, 1804 *Harding* die Juno, und 1807 *Olbers* die Vesta.

Was über die Planeten in genäherten Werthen bestimmt werden kann, ist Folgendes:

Digitized by Google

	Durchmesser in Meilen.	Dichtigkeit	Masse.	Entfernung in Mill. Meilen.	Tropische Umlaufzeit. J. T.	Volumen.
Sonne	192740	0,25	354940	0,0	0 0	1407500
Mercur	672	2,94	0,170	8,00	88	0,06
Venus	1694	0,92	0, 88	16,35	224,7	0,96
Erde	1720	1,00	1, 00	20,66	1 0	1,00
Mars	893	0,96	0,132	31,49	1 321,7	0,14
Ceres	340	—	—	57,26	4 223,5	0,008
Pallas	450	—	—	57,30	4 225,0	0,017
Juno	300	—	—	55,17	4 131,9	0,005
Vesta	50	—	—	48,80	3 129,5	0,00005
Jupiter	19307	0,24	336, 75	107,5	11 312,9	1414
Saturn	15518	0,14	101, 41	197,13	29 154,7	785
Uranus	7472	0,24	19, 81	396,42	84 278,1	82
Mond	454	0,62	0,0114	—	—	0,018

Trabanten oder Monde haben die Erde einen, Jupiter vier, Saturn wenigstens sieben, und Uranus wenigstens sechs, die übrigen Planeten keine.

Den mittleren Durchmesser der Erdbahn rechnet man zu 41331680 Meilen, also ihre Grösse 129843472 Meilen, wonach die mittlere Geschwindigkeit der Erde 355492 Meilen in 24 Stunden beträgt. In dieser Bahn bewegt sich die Erde in der nämlichen Richtung, wie alle Planeten, nämlich von W. nach O., wodurch die scheinbare Bewegung der Sonne in eben dieser Richtung entsteht. Die Zeichen des Thierkreises, worin diese Bahn liegt, sind Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische (*sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo, Libraque scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces*). In 90° Abstand von der Ekliptik befinden sich die Pole derselben. Ekliptik (ἐκλειπτική γραμμή; von ἔκλειψις, Finsterniss) heisst sie aber, weil bei Sonnen- und Mondfinsternissen Sonne, Mond und Erde in ihrer Ebene liegen müssen.

§. 205. Die Ekliptik schneidet den Aequator unter einem Winkel von 23° 27′ 39″,29, welcher die Schiefe derselben genannt wird. Derjenige Punkt, in welchem die Sonne in der Frühlings-Nachtgleiche bei ihrer scheinbaren

Digitized by Google

Bewegung in der Ekliptik den Aequator schneidet, ist der Normalort, von welchem man in der Astronomie bei der Bestimmung des Ortes der Himmelskörper ausgeht. Beide, sowohl die Schiefe der Ekliptik, als auch dieser Durchschnittspunkt sind veränderlich. Auf ihnen beruhet die Bezeichnung der Nachtgleichen, der Sonnenwenden und der Polarkreise.

Die Schiefe der Ekliptik ist, so weit die historische Zeit reicht, abnehmend gewesen, und die Abnahme beträgt jährlich 0″,5. Nähme sie beständig ab, so müsste sie zuletzt mit dem Aequator zusammenfallen; allein mehrere Astronomen behaupten, die grösste Differenz ihrer Schiefe könne nicht mehr als 1° 20′ betragen.

Von dem Augenblicke an, wo die Sonne in der Frühlingsnachtgleiche den Aequator schneidet, beginnt das astronomische Jahr, und von diesem Punkte an bestimmt man auch die Oerter der Himmelskörper. Zählt man nämlich im Aequator von diesem Punkte an nach Graden, Minuten und Secunden von W. nach O., so erhält man die *Rectascension* oder gerade Aufsteigung eines Sternes, und wenn man auf gleiche Weise vom Aequator nach den Weltpolen misst, seine *Deklination* oder Abweichung. Verfährt man auf gleiche Weise in der Ekliptik, und von dieser an nach ihren Polen hin, so erhält man seine *Länge* und *Breite*.

Durch den gemeinschaftlichen Einfluss der Anziehungen der Sonne, des Mondes und der Planeten auf die gegen die Erdbahn geneigte Erdaxe wird der Aequator fortwährend auf der Ekliptik fortgeschoben, wonach die Durchschnittspunkte beider sich der Ordnung der Zeichen des Thierkreises entgegen bewegen, welches die *Präcession* oder Vorrückung der Nachtgleichen genannt wird. Hiernach muss auch der Erdpol um den Pol der Ekliptik einen Kreis beschreiben, und es kann der Nordpol nicht allezeit nach dem jetzigen nördlichen Polarsterne gerichtet seyn. Die zu einem solchen ganzen Umlaufe erforderliche Zeit nennt man das *grosse Platonische Jahr*, und setzte dieses ehemals auf 25720 Jahre. Da aber die

Digitized by Google

Vorrückung der Nachtgleichen nach genaueren Beobachtungen jährlich 50″ beträgt, so ist die Länge jener Periode vielmehr $\frac{360°}{50''} = 25920$ Jahre.

Ist die Sonne in einem der Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik, so sind Tag und Nacht einander gleich, wesswegen sie die *Nachtgleichspunkte* heissen. Ein grösster Kreis durch diese und die Pole der Ekliptik heisst der *Colur* der Nachtgleichen, ein anderer, welcher die Ekliptik in ihrem grössten Abstande vom Aequator rechtwinkelig schneidet, also durch die Pole derselben und die Weltpole geht, heisst der *Colur* der Sonnenwenden. Diejenigen grössten Kreise, welche die Sonne in ihren Stillstandspunkten durch ihre tägliche scheinbare Umdrehung am Himmel beschreibt, nennt man *Wendekreise*, diejenigen aber, welche von den Polen der Ekliptik beschrieben werden, heissen *Polarkreise*. Die Abstände der ersteren vom Aequator und der letzteren von den Weltpolen sind natürlich einander gleich. Es heissen ferner jene *tropicus cancri* und *capricorni*, diese *circulus polaris arcticus* und *antarcticus*; alle werden zugleich auch auf die Erde übertragen.

§. 206. Die Umdrehung der Erde um ihre Axe ist eine stets gleichbleibende Bewegung. Misst man dieselbe nach irgend einem unverrückten Fixsterne, so erhält man die stets gleichbleibende Sternenzeit. Der scheinbare Lauf der Sonne in ihrer Bahn ist dagegen nicht gleichförmig, sondern wegen der elliptischen Gestalt dieser Bahn und ihrer schiefen Lage gegen den Aequator ungleich, worauf der Unterschied der wahren und der mittleren Sonnenzeit beruhet. Auf gleiche Weise entsteht durch das Vorrücken der Nachtgleichen das siderische und das etwas kürzere tropische Jahr.

Die Zeit einer Umwälzung der Erde misst man am bequemsten nach dem Durchgange eines Fixsternes durch den Meridian, oder auch nach dem Verschwinden desselben hinter einem entfernten Gegenstande. Sie heisst ein *Sternentag*, und Uhren, welche den Zeitraum von

Digitized by Google

einem solchen Durchgange zum andern in 24 gleiche Stunden theilen, heissen *Sternuhren*, astronomische Uhren, oder gewöhnlicher Uhren nach Sternenzeit. Nimmt man statt eines Sternes die Sonne, so erhält man einen *Sonnentag*, und dieser, in 24 Stunden getheilt, gibt die wahre *Sonnenzeit*. Ein Sonnentag muss länger seyn als ein Sternentag, weil die Sonne der Bewegung des Himmelsgewölbes entgegen weiter rückt, mithin am folgenden Tage das letztere sich so viel weiter bewegen muss, als die erstere Bewegung beträgt. Die Sonne durchläuft aber ihre Bahn von 360° in nahe 365,25 Tagen, mithin legt sie täglich im Mittel 59′ 8″,34 im Bogen zurück, und weil 360° im Bogen auf 24 Stunden in Zeit gehen, so gebraucht sie hierzu 3′ 56″,546 Sternenzeit, oder 3′ 55″,909 Sonnenzeit. Theilt eine, die Ungleichheiten der Sonnenbewegung ausgleichende, Uhr die mittlere Sonnenzeit in 24 Stunden, so geht eine Sternuhr dieser täglich um 3′ 55″,909 voraus, oder ein Sternentag beträgt 23 St. 56 M. 4,091 Sec. mittlere Sonnenzeit.

Die Sonne ist in ihrer scheinbaren Bahn der Erde im Winter am nächsten, im Sommer am fernsten, und daher im ersteren Falle am grössten, im letzteren am kleinsten; geht ferner im ersteren schneller, indem sie im Maximo täglich 1° 1′ 10″,3, im letzteren aber am langsamsten, indem sie im Minimo nur 57′ 11″,4 im Bogen zurücklegt. Die ungleiche Zeit von einem Durchgange der Sonne durch den Meridian bis zum andern, welche auch die Sonnenzeiger angeben, heisst die *wahre Sonnenzeit*.

Die ganze Zeit eines scheinbaren Umlaufes der Sonne durch den Sternenhimmel heisst ein *Jahr*, und zugleich ein *Sternenjahr*, wenn man von ihrem Stande bei irgend einem Sterne anrechnet, bis sie wieder zu demselben zurück kommt; *tropisches Jahr* aber, wenn man den Durchschnittspunkt des Aequators und der Ekliptik als Anfangs- und Endpunkt annimmt. Letzteres ist wegen der Präcession kürzer, und beträgt 365 T. 5 St. 47 M. 49,2 Sec.; ersteres dagegen 365 T. 6 St. 9 M. 12,34 Secunden.

Digitized by Google

Um die über 365 Tage noch vorhandenen Stunden, Minuten und Secunden zu vertheilen dient das Einschalten eines Tages alle vier Jahre, mit Ausnahme der Secularjahre, von denen nur das vierte ein Schaltjahr ist. Es war 1600 ein Schaltjahr, also ist 2000 wieder ein Secular-Schaltjahr.

§. 207. Derjenige Winkel, welchen die vom Beobachtungsorte nach dem Weltpole verlängerte Linie mit der Horizontalebene macht, heisst die Polhöhe oder geographische Breite des Ortes. Sie ist allezeit die Ergänzung der Aequatorshöhe oder auch des Winkels der Fall-Linie mit der Erdaxe oder der Weltaxe.

Man erhält die Polhöhe in genähertem Werthe aus dem Winkel, welchen eine nach dem Polarstern verlängerte Linie mit der Horizontalebene macht, da dieser Stern jetzt nur etwa 1° 36′ vom Weltpole absteht; genauer, wenn man diesen Winkel zweimal nach einem Zwischenraume von 12 Stunden Sternenzeit misst, die Differenz der gemessenen Höhe halbirt, und zur untern addirt oder von der obern abzieht. Gleich genau findet man die Aequatorhöhe aus dem Stande der Sonne bei ihrer Culmination um Mittag, wenn man ihre Höhe über dem Horizonte misst und ihre nördliche oder südliche Abweichung abzieht oder zuaddirt. Den gefundenen Winkel von 90° abgezogen gibt die Polhöhe.

§. 208. Meridian eines Ortes heisst derjenige grösste Kreis, welcher durch die Weltpole und das Zenith des Beobachters geht, dessen Ebene daher die Horizontalebene rechtwinkelig schneidet. Zieht man in der letzteren durch den Ort des Beobachters eine gerade Linie so, dass sie den Meridian schneidet, so heisst diese die Mittagslinie.

Die Kreisbögen, welche die Gestirne durch die scheinbare Umdrehung des Himmelsgewölbes über die Horizontalebene beschreiben, heissen Tagebögen. Der Wendepunkt ihrer Erhebung über den Horizont heisst die Culmination, und ist in nördlichen und südlichen Breiten bei einigen Sternen doppelt, die obere und untere. Legt

Digitized by Google

man durch den Culminationspunkt eines nicht im Zenith befindlichen Sternes und das Zenith eine verticale Ebene, so ist der Durchschnitt derselben mit der horizontalen die Mittagslinie. Da es ohne genaue Zeitbestimmung schwierig ist, diesen Punkt zu finden, so kann man durch das Zenith und einen Stern in gleicher Höhe desselben vor und nach seiner Culmination verticale Ebenen legen, den Winkel, welchen beide mit einander machen, halbiren, durch die Mitte eine verticale Ebene legen, und dann gibt der Durchschnitt derselben mit der horizontalen die Mittagslinie. Bei der Sonne muss hierbei ihre veränderliche Deklination corrigirt werden.

Am häufigsten bedient man sich zum Finden der Mittagslinie der gleich langen Schatten, welche ein lothrechter Stift an einen oder mehrere ihn umgebende Kreise auf einem horizontalen Brette vor und nach Mittage wirft, indem man die Punkte, wo der Schatten beidemale den nämlichen Kreis trifft, durch eine gerade Linie verbindet, diese halbirt, und von der Mitte aus durch den Punkt des Stiftes die Mittagslinie zieht. Allein wegen des Halbschattens und der veränderlichen Höhe der Sonne ist diese Methode ungenau, weit genauer dagegen findet man die Mittagslinie, wenn man den Polarstern und den Alioth (ersten Stern im Schwanze des grossen Bären), deren gerade Aufsteigung nahe um 180° verschieden ist, in die Ebene von zwei lothrecht aufgehangenen Fäden bringt.

§. 209. Die Erdkugel ist fast auf gleiche Weise als die hohle Himmelskugel eingetheilt. Hiernach hat man Pole und Aequator der Erde, Wendekreise, Polarkreise und Meridiane, endlich, durch die Eintheilung des Aequators in die gewöhnliche Kreiseintheilung, Grade der Länge und, indem man eben so vom Aequator nach den Polen misst, Grade der nördlichen und südlichen Breite.

Die Benennung der Länge und Breite kommt von *Strabo*, welcher vom äussersten Süden bis äussersten Norden 29700, von W. nach O. aber 70000 Stadien zählte.

Die meisten, zu den angegebenen Bestimmungen erforderlichen, Messungen werden an der hohlen Himmels-

Digitized by Google

kugel vorgenommen, und von da auf die Erde übergetragen. Der Aequator, welcher die vorzüglichste Normallinie zur Eintheilung der Erde gewährt, ist genau bestimmt, und auf allen Weltcharten oder Erdgloben gezeichnet. Diesem parallel laufen südlich und nördlich die Wendekreise in einem Abstande von 23° 30′ (im genäherten Werthe), und eben so in einem Abstande von 66° 30′ die Polarkreise, welche sonach 23° 30′ vom Pole abstehen. Hierdurch erhält man die 5 *Zonen*, die heisse zwischen den Wendekreisen, die beiden gemässigten zwischen diesen und den Polarkreisen, die beiden kalten unter den Polen. Aus den Deklinationskreisen am Himmel werden die, den Aequator der Erde in zwei rechten Winkeln schneidenden Meridiane, deren erster, als Anfangspunkt zum Zählen der Längengrade, nicht allgemein bestimmt festgesetzt ist. Am gebräuchlichsten war ehemals derjenige, welcher die früher sogenannte alte und neue Welt trennt, und durch die Insel *Ferro*, 19° 57′ 30″ westlich von Paris geht, oder der Bequemlichkeit wegen 2′ 30″ westlich von dieser Insel, so dass Paris genau 20° östlich von demselben liegt. Sonst nimmt man auch den Meridian berühmter Sternwarten als Anfangspunkt an, namentlich von *Greenwich* und *Paris*, und zählt willkührlich Grade westlicher oder östlicher Länge durch den ganzen Kreis. Wenn aber nicht bestimmt ist, nach welcher Seite die Länge gezählt sey, so ist sie allezeit östlich.

§. 210. Hiernach dienen also der Aequator und der erste Meridian zur Bestimmung der Orte auf der Erde. Die Grade der Breite fallen hierbei mit den Polhöhen zusammen, die Längengrade können aber in denjenigen Fällen, wo geodätische Messungen unmöglich sind, nicht anders als aus der Vergleichung des Zeitunterschiedes für gleiche, an verschiedenen Orten beobachtete, Erscheinungen gefunden werden. Hierzu dienen hauptsächlich Blickfeuer, Sonnen- und Mond-Finsternisse, Verfinsterungen der Jupiters-Trabanten und Sternbedeckungen durch den Mond. Vorzüglich bedient man sich der Längenuhren, um aus der Vergleichung der wahren Zeit an dem Orte einer Beobachtung den Zeitunterschied zwischen diesem und einem an-

Digitized by Google

dern bekannten Orte, dessen Zeit durch die Uhr allezeit richtig angegeben werden muss, zu bestimmen.

Wie gross die Genauigkeit der Breitenbestimmung sey, lässt sich daraus beurtheilen, dass auf 1 Sec. des Unterschiedes der Polhöhe nahe 95 F. (§. 219) auf der Oberfläche der Erde gehören.

Die Bestimmung der Länge ist da, wo geodätische Messungen nicht stattfinden, ungleich schwieriger, und beruhet auf sehr genauen Zeitbestimmungen. Indem nämlich die Sonne einen Kreis von 360° in 24 Stunden beschreibt, so muss sie einen Grad in 4 Minuten, eine Minute in 4 Secunden durchlaufen. Hierauf beruhet es, dass diejenigen, welche in westlicher Richtung um die Welt reisen, einen Tag weniger, die in östlicher aber einen Tag mehr zählen, als diejenigen, welche an dem Orte der Abreise zurückblieben. Das Problem der Längenbestimmung kommt also darauf hinaus, die Zeiten genau zu wissen, wann eine an zwei Orten zugleich beobachtete Erscheinung stattfindet, den Unterschied derselben mit 15 zu multipliciren und dadurch in Bogen zu verwandeln. Himmlische Erscheinungen, welche zu diesem Ende an verschiedenen Orten gleichzeitig beobachtet werden können, sind weit weniger die ehemals allein gebrauchten Mondfinsternisse, wegen der geringen Schärfe des Schattens, welchen die Erde auf diesen Trabanten wirft, als vielmehr die Verfinsterungen der Jupitersmonde durch ihren Planeten. Sonnenfinsternisse und Bedeckungen der Planeten und Fixsterne durch den Mond eignen sich vorzüglich dazu, erfordern aber wegen der Parallaxe des Mondes eine Berechnung. Weil man auf den Schiffen diese seltnern Erscheinungen nicht abwarten kann, so benutzt man hierzu den schnellen Lauf des Mondes, indem man seinen Stand unter den Sternen beobachtet, und die Zeit, wann dieser stattfand, mit derjenigen vergleicht, welche für diesen Ort desselben und einen bestimmten Beobachtungsort (meistens *Greenwich*) schon im Voraus in Tabellen berechnet ist.

Am einfachsten und sichersten wäre es, richtig und unveränderlich gehende Uhren mitzunehmen, wenn es nicht

Digitized by Google

fast unmöglich wäre, solche zu verfertigen, deren Gang nicht durch die Bewegung des Schiffes und die Anziehung des vielen Eisens auf demselben gestört würde. Indess leisten die von *Harrison* erfundenen, seit 1761 bekannten, Längenuhren, Chronometer (*timekeepers*), bei denen man den Einfluss des auf dem Schiffe befindlichen Eisens durch entgegengesetzt wirkendes Eisen nach *Barlow* aufhebt, ausserordentlich viel, und geben auf den Schiffen die Länge meistens sehr genau an. Auf dem Lande bedient man sich gleichfalls solcher Uhren, und zwar ihrer Genauigkeit wegen jetzt häufiger, als der früher gebräuchlichen Pulversignale oder Blickfeuer.

§. 211. Weil durch die Umdrehung der Erde um eine gegen das Himmelsgewölbe unveränderlich gerichtete Erdaxe die scheinbare Umdrehung der Gestirne hervorgebracht wird, die Lage der Horizontalebene aber, auf welcher die Fall-Linie allezeit normal ist, mit der Polhöhe sich ändert, so folgt hieraus, dass an den verschiedenen Orten der Erde eine verschiedene Halbkugel des Himmels sichtbar seyn muss, und dass die Tagebögen der Gestirne gleichfalls mit den Polhöhen sich ändern. Hierauf beruht der Unterschied der parallelen, geraden und schiefen Himmelskugel.

Dass die Erdaxe, ohngeachtet der Grösse der Erdbahn, dennoch gegen die Fixsterne eine unveränderte Lage hat, ist eine Folge der unermesslichen Entfernung der letzteren, so dass der Durchmesser der Erdbahn dagegen verschwindet, oder die Parallaxe derselben für die Fixsterne wegfällt. Kleine Schwankungen der Erdaxe zeigen sich als Folge der *Präcession*, und durch den Einfluss des Mondes, der Sonne und der Planeten in der *Nutation*. Sie sind nur durch die feinsten astronomischen Messungen wahrnehmbar.

Hätte die Erde keine Umdrehung um ihre Axe, so würden die Erdbewohner nur die eine Hälfte des Himmelsgewölbes kennen. Der Scheitelpunkt des jedesmaligen Beobachtungsortes ist nach der Polhöhe verschieden, und fällt allezeit in die Mitte der durch den Horizont abgeschnittenen Halbkugel des Himmels, welche daher gleich-

Digitized by Google

falls verschieden seyn muss. Für einen Beobachter unter dem Pole beschreiben alle Himmelskörper mit dem Horizonte parallele Kreise, welches die *parallele* Himmelskugel gibt (*sphaera parallela*); unter dem Aequator sind die Tagebögen der Sterne Halbkreise, stehen auf dem Horizonte senkrecht, und die Himmelskugel heisst die *gerade* (*sphaera recta*); alle andere Polhöhen geben eine *schiefe* Himmelskugel (*sphaera obliqua*).

§. 212. Die Sonne, der Mond und die Planeten beschreiben wegen ihrer eigenen Bewegung keine regelmässige Tagebögen. Nimmt man auf diese geringen Unterschiede bei der Sonne keine Rücksicht, und verwandelt die berechneten Tagebögen in Zeit (§. 205), so erhält man die halbe Dauer der Tage. Nach der Tageslänge hat man jede Erdhälfte vom Aequator an in 24 Zonen (Klimate) getheilt, deren jede durch eine um 30 Minuten kürzere Dauer der Tage verschieden ist, und vom Polarkreise bis zu den Polen noch in 6 uneigentliche, in denen der Unterschied einen Monat beträgt. Die Summe der Tageslängen ist übrigens an jedem Orte auf der ganzen Erde gleich, und so auch die der Nächte.

Die Länge der Tage ist etwas grösser, als die Berechnung ergibt, wegen der Strahlenbrechung, vermöge deren die Sonne scheinbar etwas mehr als 2 Minuten früher über den Horizont kommt und später unter denselben herabsinkt, als dieses in der Wirklichkeit geschieht.

Die *Dämmerung* entsteht durch das Licht, welches von der Atmosphäre auf die Erde reflectirt wird. Sie ist die astronomische, welche beginnt, wenn die kleinsten Sterne zu verschwinden anfangen, und dieses geschieht, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht; oder die bürgerliche, wenn das deutliche Erkennen der Gegenstände anfängt, oder wenn die Sonne 6° 23′,5 unter dem Horizonte ist. Die Dauer der ersteren beträgt in Deutschland im Mittel etwa zwei Stunden, in den längsten Tagen aber verschwinden in der nördlichern Hälfte desselben die letzten Spuren der Dämmerung gar nicht.

Digitized by Google

Die auf beiden Halbkugeln gleichen dreissig Klimate sind:

Klima.	Ausdehnung vom Aequator bis	Begreift	Dauer des längsten Tages.
1	8° 34′	8° 34°	12 St. 30
2	16 45	8 10	13
3	24 12	7 28	13 30
4	30 18	6 36	14
5	36 31	5 43	14 30
6	41 24	4 53	15
7	45 32	4 8	15 30
8	49 2	3 30	16
9	52 0	2 58	16 30
10	54 31	2 31	17
11	56 38	2 7	17 30
12	58 27	1 49	18
13	60 0	1 33	18 30
14	61 19	1 19	19
15	62 26	1 7	19 30
16	63 23	57	20
17	64 11	48	20 30
18	64 50	39	21
19	65 22	32	21 30
20	65 48	26	22
21	66 8	20	22 30
22	66 21	13	23
23	66 29	8	23 30
24	66 32	3	24
25	67 23	51	1 Monat.
26	69 50	2 57	2
27	73 39	3 49	3
28	78 31	4 52	4
29	84 5	5 54	5
30	90 0	5 55	6

Digitized by Google

Die älteren Geographen unterschieden ferner die Bewohner eines Ortes und ihre *Gegenfüssler* oder Antipoden, die *Nebenwohner* (*perioeci*), welche auf dem nämlichen Parallelkreise 180 Längengrade von einander wohnen, und die Gegenwohner (*antoeci*), die unter demselben Meridiane in gleichen Graden nördlicher und südlicher Breite auf der nämlichen Halbkugel wohnen. Rücksichtlich der Richtung des Schattens, welchen die Sonne mit ihnen macht, werden die Bewohner der heissen Zone unschattige (*ascii*) und auch zweischattige (*amphiscii*), die Bewohner der gemässigten Zonen einschattige (*heteroscii*) und der kalten Zonen umschattige (*periscii*) genannt.

§. 213. Dass die Erde eine kugelförmige Gestalt habe, wussten die Gebildeten seit Aristoteles sehr allgemein, die genauere Bestimmung ihrer Gestalt und Grösse aber war lange Gegenstand der Untersuchung, ohne dass ein völlig genügendes Resultat erhalten wurde.

Eratosthenes (geb. 276 v. Chr.) bestimmte durch Sonnenhöhen den Unterschied der geographischen Breite zwischen Alexandrien und Syene zu 7° 12′, also den 50sten Theil des Kreises. Die Entfernung beider Orte wurde nach Messungen der Reisenden zu 5000 Stadien angenommen, woraus der Umfang der Erde zu 250 Stadien folgte. *Posidonius* fand aus den Polhöhen von Rhodus und Alexandrien, und der Entfernung beider Orte, den Erdumfang 240000 Stadien, *Ptolemaeus* aber gibt im Allgemeinen einen Grad zu 500 Stadien, also den Erdumfang zu 180000 Stadien an.

Die älteren eigentlichen geodätischen Gradmessungen waren sämmtlich zu ungenau. Dahin gehören die des *Calif Almamun* in *Bagdad* um 827 n. Chr. und des Arztes *Fernel* zwischen Paris und Amiens durch die Umdrehung des Wagenrades. *Willebrord Schnellius* zeigte zuerst 1615, dass es unnöthig sey, genau im Meridiane zu messen, und dass man mehrere Dreiecke verbinden könne. Seine Messung war nicht sehr genau. *Norwood* kehrte 1635 zu der alten Methode wieder zurück, *Riccioli* und

Digitized by Google

Grimaldi aber fanden die Länge eines Grades um mehrere Tausend Toisen zu gross. *Picard's* Messung 1669 und 70, wobei Fernröhre auf den Messwerkzeugen gebraucht wurden, gab nahe genau die Länge eines Grades 57060 Toisen. Wegen der Streitigkeiten zwischen den Anhängern des *Cartesius* und *Newton's* über die Wirkung der von Letzterem hervorgehobenen Schwungkraft der Erde, und um genauere Charten von Frankreich zu erhalten, wollte *Picard* die Messung durch ganz Frankreich fortsetzen, aber die Ausführung erfolgte erst 1700 durch *Cassini II.* und *la Hire*, und entschied gegen *Newton*, indem die Erde unter den Polen verlängert seyn sollte. Eben dieses Resultat gaben auch *Cassini's* Messungen zweier Längengrade oder Perpendikel auf den Pariser Meridian, welche er 1733 und 34 anstellte. Durch den beharrlichen Streit der Anhänger *Newton's* gegen diese Behauptung wurde der König von Frankreich vermogt, auf die Vorstellung des Grafen *Maurepas* und des Ministers, Cardinals *Fleury*, die weltberühmten Gradmessungen in Peru unter dem Aequator und in *Pello* unter dem Polarkreise vornehmen zu lassen. Jenes geschah 1735 durch *Bouguer* und *Condamine*, dieses im folgenden Jahre durch *Maupertuis* und *Clairaut*. und die Vergleichung der Grösse beider Grade zeigte die Abplattung der Erde unter den Polen. Eben dieses Resultat gab die durch *Cassini de Thury* und *La Caille* 1740 vorgenommene Verbesserung der früheren französischen Messungen von *Picard* und dem älteren *Cassini*

§. 214. Die Wichtigkeit der Sache und das grosse Aufsehen der glücklich beendigten Gradmessungen bewogen auch andere Nationen, dergleichen zu veranstalten. Keine derselben aber war von einem solchen Umfange und von solcher Wichtigkeit, als die vom französischen National-Institute während der Revolution unternommene, welche hauptsächlich zur Grundlage eines allgemeinen Maass-Systems dient.

Die übrigen Messungen sind 1750 von *La Caille* auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung; von *Maire* und

Digitized by Google

Boscovich 1751 im Kirchenstaate; von *Beccaria* in Turin 1777 und schon früher von *Liesganig* in Oesterreich. Eine vorzüglich genaue Messung bewerkstelligten *Mason* und *Dixon* 1764 in den Ebenen Pensylvaniens, auch gehört hierher gleichfalls die grosse Triangulirung des Generals *Roy* in England. Sogar in *China* wurde 1702 auf Befehl des Kaisers *Camhy* und unter der Leitung des Pater *Thomas* bei *Peking* eine Gradmessung vorgenommen, eine weit bessere aber durch *Reuben Burrow* und *Dalby* in Bengalen.

Diese mit grossem Aufwande von Zeit und Mühe beendigten Messungen stehen indess an Genauigkeit und Schärfe der Beobachtungen, wie auch meistens an Güte der gebrauchten Instrumente, den neuesten Operationen dieser Art weit nach. Dahin gehört die Wiederholung der nordischen Messung durch *Svamberg* und *Ofverbom* 1801—3, die grosse englische durch *Mudge* und die 1802 und in den folgenden Jahren durch *Lambton* in Ostindien ausgeführte, welche durch einen Bogen von fast 9 Graden ausgedehnt ist. Sie steht also an Ausdehnung bloss der neuesten französischen nach, welche von Dünkirchen bis *Rodez* durch *Delambre*, und von *Rodez* bis *Barcellona* durch *Mechain* ausgeführt, später von da bis nach den Balearischen Inseln durch *Biot* und *Arago* ausgedehnt wurde, und im Ganzen einen Bogen von 12° 22′ 13″,39 begreift, dessen Mitte unter 44° 51′ 2″,8 fällt und eine Länge von 705188,8 Toisen begreift.

Auf diese ungeheure Messung ist die normale Länge des *mètre* gegründet. Berechnet man nämlich aus der ganzen Messung den nördlichen Quadranten der Erde, so beträgt ein Zehnmilliontheil desselben 0,5131111 Toisen oder 443,328 Linien der Toise von Peru. Man wartete aber die Beendigung der Messung nicht ab, sondern bestimmte den Quadranten aus dem bis *Montjouy* gemessenen Bogen zu 5130738,62 Toisen, wovon das Zehnmilliontheil oder das *mètre* 443,2958168 ..... Par. Linien beträgt. Daher wurde die Grösse desselben bei 0° Temperatur zu 443,296 Lin. der Toise von Peru festgesetzt, wenn diese eine Temperatur von 16°,75 *Cent.* hat,

Digitized by Google

welches für eine Abplattung der Erde von $\frac{1}{305}$ mit der ganzen Messung bis auf eine verschwindend kleine Grösse übereinstimmt. Das *mètre* beträgt dann 0,518074 Toisen.

§. 215. Durch alle diese grossen Bemühungen ist indess die Frage über die Gestalt der Erde nicht so vollständig entschieden, als man erwarten durfte, vielmehr gibt die Vergleichung der Resultate verschiedener Messungen Abweichungen von einander, welche nicht leicht aus begangenen Fehlern erklärt werden können.

Ist die Erde unter den Polen abgeplattet, so müssen die Grade unter höheren Breiten grösser seyn, als unter geringeren, weil sie Bögen grösserer Kreise sind, und eine völlige Verflachung gerade Ebenen geben würde. Für eine Abplattung entscheiden auch allerdings bei weitem die meisten Messungen, obgleich sehr wenige das Gegentheil geben; die Grösse der Abplattung, oder das Verhältniss der Erdaxen wird aber sehr verschieden gefunden, entweder als Folge einer unregelmässigen Gestalt der Erde, oder wahrscheinlicher partieller Anziehungen der Bleilothe, wegen ungleicher Dichtigkeiten der Erde an den verschiedenen Orten oder, begangener Fehler der Messungen. Die vorzüglichern älteren geben indess im Mittel die Abplattung zu $\frac{1}{310}$, die besten älteren und die sehr genauen neuesten aber zu $\frac{1}{297,5}$ an.

§. 216. Auch durch Messungen der Längengrade unter verschiedenen Breiten könnte die Grösse und Gestalt der Erde gefunden werden, sie sind aber noch schwieriger als Messungen der Breitengrade, und haben daher noch keine befriedigende Resultate gegeben.

Man hat solche Operationen bisher hauptsächlich erst in Frankreich und in Ostindien unternommen.

§. 217. Da man die Grösse der Erde nahe genau, ihre Axendrehung und die daraus entstehende Schwungkraft

Digitized by Google

aber vollständig kennt, so hat man versucht, ihre Abplattung aus dem nothwendigen Verhältnisse des Gleichgewichtes zwischen der Schwere und Schwungkraft zu finden.

Dieses schwere geometrische Problem wurde zuerst durch *Newton* aufgestellt, und hat nachher die grössten Geometer wiederholt beschäftigt, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, eine bestimmte Grösse für die Abplattung dadurch zu erhalten.

§. 218. Wenn die Erde unter dem Aequator höher ist als unter den Polen und zugleich um ihre Axe rotirt, so muss aus beiden Ursachen die Schwere dort geringer seyn (§. 30. und 25.). Indem aber das Pendel bloss auf der Wirkung der Schwere beruhet (§. 34.), so muss aus den beobachteten Schwingungen desselben unter verschiedenen Breiten die Grösse der Abplattung sich finden lassen.

Kennt man die ablolute Länge des Secundenpendels für einen gegebenen Ort, und rechnet die diesem zugehörige Schwungkraft ab, so ist die dann noch übrige Differenz der Schwingungen des beobachteten und des berechneten Pendels als eine Folge der grösseren Entfernung vom Mittelpunkte der Erde anzusehen, deren Grösse bei der Feinheit dieses Werkzeuges mit einem hohen Grade der Genauigkeit gefunden werden kann. Eine scharfe Berechnung setzt indess eine gleichmässige Dichtigkeit der Erde voraus, welche nicht stattfindet; dennoch aber gewähren genaue Pendelbeobachtungen unter verschiedenen Breiten das leichteste und wahrscheinlich das sicherste Mittel zur Bestimmung der Gestalt der Erde.

Unter den verschiedenen zur Bestimmung der Erdgestalt bis jetzt angewandten Mitteln sind die neuesten Messungen der Pendellängen die feinsten. Aus ihnen folgt, dass, örtliche Abweichungen nicht gerechnet, die Erde kein regelmässiges elliptisches Sphäroid sey, sondern dass die Abplattung von 0° bis 45° N.B. $\frac{1}{276}$, von 45° bis 90° aber $\frac{1}{306}$ und von 0° bis 90° endlich $\frac{1}{290,6}$ betrage.

Digitized by Google

§. 219. Wenn gleich die Gestalt der Erde nicht mit absoluter Schärfe bestimmt ist und wegen der unbekannten Dichtigkeit ihrer einzelnen Schichten und einzelner Theile vielleicht nicht einmal mit höchster Gewissheit bestimmt werden kann, so ist sie doch im Ganzen als ein regelmässiges Sphäroid von der angegebenen Abplattung anzusehen.

Unter der Voraussetzung, dass die so eben angegebene Abplattung, nämlich $\frac{1}{290}$ die richtige sey, und abgesehen von einzelnen Unregelmässigkeiten lassen sich folgende Grössen in Pariser Toisen als der Wahrheit sehr nahe kommend ansehen:

Halbmesser des Aequators	3271952
Umfang des Aequators	20558280
Halbe Axe	3260634
Halbmesser eines Kreises von der Grösse eines Meridians	3266295 = 857,95
Halbmesser einer Kugel vom Inhalte der Erde	3268175
Ein Grad im Aequator	57106,334
Ein Grad am Aequator	56711,963
Ein Grad unter 45° N. B.	57007,000
Ein Grad unter den Polen	57304,513
$^1/_{90}$stel eines Meridianquadranten . .	57006,442

Hiernach nehmen die Grade der Breite nach den Polen hin nicht unbeträchtlich zu, aber weit mehr nehmen die Längengrade ab, indem sie unter dem Pole selbst ganz verschwinden. Durch Berechnung hat man hierfür folgende Werthe gleichfalls in Toisen gefunden:

Digitized by Google

Breite.	*Grade des Meridians.*	*Längengrade auf der Kugel.*	*Längengrade auf dem Ellipsoid.*
0°	56712	57101	57106
10	56730	56234	56245
20	56781	53658	53684
30	56859	49451	49498
40	56956	43743	43808
45	57007	40376	40450
50	57058	36704	36782
60	57155	28550	28627
70	57235	19530	19591
80	57287	9916	9950
90	57304	0	0

Nimmt man hiernach die Länge eines Grades im Mittel zu 57007 Toisen an, so kommen auf 1 Secunde im Bogen 95,0138 ..... Par. Fuss.

§. 220. Die Grösse der Grade dient auch als Norm bei der Bestimmung der Länge verschiedener Meilen. Die bekannteste und allgemeinste ist die sogenannte geographische oder deutsche, deren 15 auf einen Breitengrad unter dem Aequator, besser aber auf einen Längengrad im Aequator gerechnet werden. Man drückt darin die Entfernung und Grösse der Himmelskörper aus, desgleichen den Inhalt und die Oberfläche der Erdkugel.

Nach der oben angenommenen Grösse beträgt die geographische Meile 3807,09 Toisen, also 22842,54 Par. Fuss oder 23642,1 rheinländische. Die sonstigen bekanntesten, jedoch keineswegs genau bestimmten, Meilen sind:

Digitized by Google

Namen derselben.	*Sollen halten*	*Gehen auf 1°*	*Enthalten in Par. F.*
Arabische	—	56,67	6045,7
Baiersche kleine	—	14,15	24212,7
— grosse	—	8,69	39425,8
Churbraunschweig.	2811,2 rheinl.Ruth.	10,52	32569,4
Dänische	12000 dän. Ellen	14,79	23165,0
Französische Lieue	—	25,00	13704,4
— Seemeile	—	20,00	17130,5
Grossbrit. neue	1760 Yards	69,12	4956,5
— Seemeile	—	60,00	5710,1
— League	—	20,00	17130,5
Hannöversche	32000 Calenb. F.	11,89	28800,0
Holländische	—	19,00	18032,1
Italienische	1000geogr.Schritte	60,00	5710,1
Jüdische alte	2000 bibl. Ellen	100,80	3398,9
Niederländ. Stunde	—	19,67	17117,8
— Seemeile	—	20,00	17130,5
Nürnberger	—	13,10	26153,5
Oesterreichische	—	7,48	45003,5
Polnische	—	20,00	17130,5
Portugiesische	—	18,00	19034,0
Preussische	2000 Ruthen	14,78	23113,0
Russische Werst	1500 Arschinen	104,30	3284,8
Sächsische gemeine	12000Dresd.Ellen	16,21	20907,8
— Polizeim.	16000 — —	12,29	27877,1
Schottländische	1147 Toisen	49,80	6882,0
Schwäbische	—	12,00	28550,8
Schwedische	18000 Ellen	10,41	32911,6
Schweizerische	—	13,30	25760,2
Spanische	5000 Varas	26,63	12882,0
Ungarische	—	13,30	25760,2

Um den Inhalt der Erde und einzelner Theile ihrer Oberfläche zu finden, kann man sie ohne merklichen Fehler als eine Kugel ansehen, deren Halbmesser das arithmetische Mittel zwischen der halben grossen und kleinen Axe ist. Man rechnet ihren Umfang zu 5400, den Durch-

Digitized by Google

messer 1719 Meilen, wonach die Oberfläche des Ellipsoid's 9¹360500 Quadr.Meil. und der kubische Inhalt 2650 686000 Kubik-Meilen beträgt.

Die Meilen, welche auf einen Grad der Länge und der Breite gehen, müssen unter verschiedenen Breiten verschieden seyn. Es gehen nämlich in geographischen Meilen:

Polhöhe.	*auf 1 Grad der Länge.*	*auf 1 Grad der Breite.*
0°	15,000	14,896
10	14,773	14,901
20	14,101	14,914
30	13,002	14,935
40	11,507	14,960
45	10,625	14,974
50	9,661	14,987
60	7,519	15,013
70	5,146	15,034
80	2,613	15,047
90	0,000	15,052

Ausführlichere Tabellen dieser Art dienen zum Zeichnen der Landcharten.

§. 221. Bei der Bestimmung kleinerer Theile der Erdoberfläche betrachtet man die Erde als eine Kugel, und für sehr kleine Theile sogar ohne merklichen Unterschied als eben.

Ist die Oberfläche einer Kugel S, so ist das um den Pol durch einen Parallelkreis unter der Breite φ abgeschnittene Stück der Oberfläche $= \frac{1}{2} S (1 - \sin. \varphi)$, mithin ist der Theil der Oberfläche vom Aequator bis an den Parallelkreis $= \frac{1}{2} S \sin. \varphi$, und die Zone zwischen zwei Parallelkreisen unter der Breite φ und $\psi = \frac{1}{2} S (\sin. \varphi - \sin. \psi)$. Hiernach beträgt die Polarzone 384050, die gemässigte 2¹399907 und die halbe äquatorische 1¹947293 Quadr. Meilen. Will man die Grösse eines zwischen zwei Breitengrade und zwei Längengrade eingeschlossenen Stük-

Digitized by Google

kes finden, so berechnet man den Inhalt der ganzen Zone, multiplicirt diesen mit der Zahl der Längengrade und dividirt durch 360.

§. 222. Die geographische Lage der Orte auf der Erde bestimmt man durch die Angabe ihrer Länge und Breite, oder durch Zeichnung auf eine verkleinerte Erdoberfläche. Beides gibt ein Mittel, die geradlinige Entfernung der Orte von einander zu bestimmen.

Auf die Höhe der Orte über der Meeresfläche wird bei der Bestimmung ihrer geographischen Lage keine Rücksicht genommen, weil sie zu unbedeutend ist. Für die Längen und Breiten hat man Tabellen.

Die Entfernung zweier Orte kann man auf einem genauen Globus oder einer Charte leicht durch Messung und Vergleichung mit der bekannten Grösse der Längen- oder Breiten-Grade finden. Eben so leicht geschieht dieses durch Rechnung, wobei drei Fälle vorkommen: *a*) Wenn beide unter demselben Meridiane liegen, so gibt die Zahl der Grade mit 15 multiplicirt ihre Entfernung in Meilen. *b*) Liegen beide unter gleichem Parallelkreise, so gibt die Tafel §. 219., welche für genäherte Werthe bloss interpolirt werden darf, den Factor, womit die Zahl der Grade multiplicirt werden muss, um die Entfernung zu erhalten. *c*) Sind aber die Grade der Länge und Breite verschieden, so muss die Entfernung als Hypotenuse eines rechtwinkeligen sphärischen Dreiecks gesucht werden. Sind die beiden Orte *A* und *B*, ihre Polhöhen φ; ψ, der Unterschied der Längen λ; nennt man ferner $90° - \varphi = a$, $90° - \psi = b$, den Bogen eines grössten Kreises, welcher die Entfernung misst, $= c$, so ist:

$$\cos. c = \cos. a \cos. b + \sin. a \sin. b \cos. \lambda.$$

Die hieraus für *cos. c* gefundenen Grade mit 15 multiplicirt geben die Entfernung in geographischen Meilen.

§. 223. Am genauesten wird die Erde durch eine Kugel *(globus)* nachgebildet, auf welcher, als ein Netz, die Grade der Länge und der Breite, ausserdem die vom Himmel entlehnten Eintheilungen, nämlich Aequator, Ekliptik,

Digitized by Google

Wendekreise und Polarkreise gezeichnet sind. Den bessern fügt man ausserdem noch einen eingetheilten Meridian, Horizont, Stundenring und Höhenquadranten hinzu.

Die einzelnen Streifen des Ueberzugs eines Globus sind Abdrücke von Kupferplatten, welche nass und dadurch dehnbar, auf die Kugel geklebt werden Was die einzelnen Theile der Globen bedeuten, und zu welchen Erläuterungen sie dienen, lässt sich aus dem Vorhergehenden leicht finden. Auf die Abplattung der Erde kann man in der Figur der Globen keine Rücksicht nehmen, indem diese bei 18 Zoll Durchmesser nur 0,7 Lin beträgt, auch würde bei der angegebenen Grösse ein Berg von 19602 F. Höhe nur 0,25 Lin. Erhebung erhalten.

§. 224. Die Globen sind kostbar und lassen ausserdem nur einen kleinen Maassstab zu. Man zeichnet daher die kugelförmige Oberfläche der ganzen Erde oder einzelner Theile auf flaches Papier, und erhält dadurch die Land- und See-Charten, wobei aber der Darstellung einer krummen Ebene auf einer geraden manche Schwierigkeiten entgegen stehen, die man durch verschiedene Mittel zu beseitigen sich bemüht hat.

Man nennt die verschiedenen Methoden, die krumme Oberfläche der Erde auf der Ebene der Charten auszudrücken, *Projectionen*. Eine der älteren ist die von *de l'Isle*, welcher statt der abgewickelten Kugelfläche eine abgewickelte Kegelfläche substituirte, wodurch die Meridiane auf den Parallelen perpendiculär sind, wie in der Wirklichkeit. Erstere sind nämlich auf seinen Charten von einem Punkte ausgehende gerade Linien, letztere Kreisbögen. *Bonne* änderte diese Projection dahin ab, dass er den mittleren Parallel der zu zeichnenden Charte als von einem Kegel gewickelt darstellte, die übrigen mit diesem parallel machte, dann den mittleren Meridian als eine gerade Linie zeichnete, und die übrigen Meridiane nach Tabellen, wie §. 219. enthält, in gehörigen Entfernungen auftrug. Weil hierbei bloss der mittlere Parallel der Charte dem auf der Kugelfläche gleich kommt, und die Meridiane die Parallele nicht rechtwinkelig schneiden,

Digitized by Google

so führte *Murdoch* die de l'Isle'sche Projection wieder ein, welche er dahin abänderte, dass die abgewickelte Kegelfläche in zwei Parallelen mit der Kugelfläche zusammenfiel. Indess ist die Bonne'sche wohl vorzüglicher, denn sie stellt bei Charten, welche einen grössern Theil der Erdoberfläche umfassen, die runde Gestalt der Erdkugel am natürlichsten dar, und drückt das Verhältniss der Grösse und Gestalt der Länder am vollkommensten aus.

§. 225. Der Seefahrer bedarf Charten, auf denen der Lauf des Schiffes leicht gezeichnet werden kann. Dieser Lauf durchschneidet, so lange die Richtung des Schiffes unverändert bleibt, alle Meridiane und Parallele unter dem nämlichen Winkel, und kann also auf keiner der angegebenen Charten, sondern nur auf solchen ausgedrückt werden, auf denen sowohl die Meridiane als auch die Parallele unter sich parallel und auf einander rechtwinkelig sind. Hierdurch wird aber die Gestalt der Länder auf den Charten um so mehr entstellt, je grösser der Theil der Erdoberfläche ist, welchen sie darstellen. Diesem Uebelstande begegnete *Mercator* durch die nach ihm benannte Projection.

Da die Meridiane nach den Polen hin sich immer mehr nähern, so kann die angegebene Bedingung nicht erfüllt werden, ohne die Gestalt der Länder nach den Polen hin zu entstellen. Dennoch bediente man sich, wegen der angegebenen Bequemlichkeit für Seefahrer, lange solcher Charten, bis *Mercator* 1550 die Parallele nach den Polen hin so weit von einander rückte, also die Meridiane um so viel verlängerte, als die Räume zwischen den letzteren, oder die Längengrade, sich verkürzen, so dass die einzelnen Theile der Länder hinsichtlich ihrer Länge und Breite die gehörige Proportion behalten. Hierdurch kann man grosse Theile der Erde ausdrücken, nur nicht bis ganz zu den Polen, indem die Meridiane unter diesen selbst unendlich lang werden müssten. Diese Mercator'sche Projection ist allgemein bei den Seecharten, hat indess den Nachtheil, dass der Flächeninhalt der Länder und Meere unter höheren Breiten scheinbar grösser wird, und sich überhaupt nicht bequem weder schätzen noch messen lässt.

Digitized by Google

§. 226. Ausser diesen Projectionen bedient man sich noch der perspectivischen. Eine der vorzüglichsten dieser Art ist die stereographische, welche nach dem angenommenen Orte des beobachtenden Auges wieder in die Polar-, Aequatorial- und Horizontal-Projection eingetheilt wird.

Perspectivische Projectionen nennt man im Allgemeinen diejenigen, wobei man einen Lichtkegel annimmt, dessen Spitze im Auge des Beobachters, die Basis aber auf dem übersehenen Theile der Erdkugel sich befindet, und das gesehene Bild auf eine, diesen Lichtkegel schneidende Ebene projicirt wird. Hieraus ergibt sich leicht die Art, wie hiernach die Charten gezeichnet werden müssen. Bei der *Polarprojection* nämlich befindet sich das Auge im Pole der verlängerten Erdaxe, wonach also der Aequator ein Kreis wird, die Parallele aber concentrische Kreise und die Meridiane gerade Linien werden. Bei der *Aequatorialprojection* befindet sich das Auge in der Ebene des Aequators, wonach dieser also, und der mittelste, ihn rechtwinkelig schneidende, Meridian als gerade Linien erscheinen, um welche die übrigen Meridiane und Parallele in stets abnehmenden Kreisen liegend eine runde Scheibe der Erdhalbkugel bilden. Die *Horizontalprojection* endlich zeigt eine Halbkugel unter irgend einer nördlichen oder südlichen Breite. Hierbei wird der mittelste Meridian, welcher am zweckmässigsten die Mitte des zu zeichnenden Landes durchschneidet, eine gerade Linie, desgleichen derjenige Parallel, welcher so weit vom Aequator absteht, als die Polhöhe für die Charte angenommen ist. Letztere Art ist minder gebräuchlich, als die beiden ersteren, indem nach diesen die Erdhalbkugeln gezeichnet werden, alle drei lassen sich aber vermittelst eines Erdglobus leicht anschaulich machen.

§. 227. Die orthographische und Central-Projection, wovon erstere das Auge in unendlicher Entfernung, letztere in das Centrum der beobachteten Kugel setzt, und das Bild auf eine berührende Ebene projicirt, werden fast ausschliesslich nur bei astronomischen Charten gebraucht.

Digitized by Google

2. *Physische Geographie.*

§. 228. Die Erde kann wohl der Natur der Sache nach nicht füglich gleichmässig dicht seyn, allein die Versuche ergeben eine unerwartet grosse Abweichung von einer gleichförmigen und regelmässigen Dichtigkeit, zeigen aber, mit der Theorie übereinstimmend, im Allgemeinen, dass die Dichtigkeit nach Innen zunimmt. Indem die Anziehung aller wägbaren Materie zukommt, und der Masse direct, dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportional ist, so lässt sich bei der bekannten Grösse der Erde durch die Vergleichung ihrer Anziehung mit derjenigen, welche andere Körper ausüben, ihre specifische Dichtigkeit durch feine Versuche auffinden. Man setzt sie in sehr genähertem Werthe = 5,43, die des Wassers als Einheit angenommen.

Es folgt schon aus dem Drucke der oberen Schichten der Erde auf die unteren, dass die Erde nicht gleichmässig dicht seyn kann. Indess zeigen die Pendelschwingungen an verschiedenen Orten, dass merkliche Ungleichheiten der Dichtigkeiten stattfinden müssen.

Um die mittlere Dichtigkeit der Erde zu bestimmen, verglich *Cavendish* 1797 die Anziehung derselben mit derjenigen, welche grössere Bleimassen gegen kleinere, an einer feinen Drehwaage balancirte, Kugeln ausübten, und fand dieselbe = 5,32. *Maskelyne* stellte 1774 Messungen am Berge *Shehallien* an, um dessen Anziehung gegen das Bleiloth zu finden, da schon *Bouguer* eine ähnliche Wirkung der *Cordilleren* bemerkt hatte. *Hutton* berechnete hieraus, indem er das spec. Gew. der Masse des Berges = 2,5 annahm, das spec. Gew. der Erde zu 4,481. Nach genaueren Untersuchungen des spec. Gew. der verschiedenen Bestandtheile des Berges fand man aber die mittlere Dichtigkeit der Erde = 4,713. Im Jahre 1838 wiederholte *Reich* die Versuche *Cavendish's* mit einem ähnlichen, aber verbesserten Apparate, und fand mit geringen Abweichungen der einzelnen Resultate die Dichtigkeit der Erde im Mittel = 5,43. Die mittlere Dichtigkeit der Erdrinde bis 1500 Fuss Tiefe, ihren Wassergehalt zugleich

Digitized by Google

mit berücksichtigt, findet man = 1,59, wonach also das Innere der Erde aus dichteren Massen bestehen muss.

§. 229. Die Oberfläche unserer Erde besteht im Allgemeinen aus Land und Wasser. Ersteres macht den kleineren Theil aus, und zeigt sich als grosses festes Land, als Halbinseln, Inseln und Inselgruppen, ohne eine übereinstimmend regelmässige Form. Letzteres begreift die grossen Oceane, die eingeschlossenen Meere, Seen und grossen Ströme, ohne dass sich auch hierbei eine beständige Regelmässigkeit unterscheiden lässt.

Obgleich einige Höhlen, Steinkohlengruben und andere Ausgrabungen in Bergwerken mehrere hundert Fuss unter die Oberfläche des Meeres reichen, so befinden sie sich doch noch immer in der äussersten Erdrinde, wie sich leicht ergibt, wenn man solche Tiefen mit dem Halbmesser der Erde vergleicht.

Von den 9¼ Mill. Quadratmeilen der Erdoberfläche (§. 220.) sind mehr als ¾ Wasser und kaum ¼ Land. Man rechnet ohngefähr:

Europa . . .	171834 Q. M.
Asien	641093 —
Africa	531638 —
America . . .	572110 —
Neuholland . .	143000 —
Alle Inseln	1000000 —
	3059675 Q. M.

wovon wieder weniger als ⅓ auf der südlichen Halbkugel liegt. Eine Folge davon ist, dass die Spitzen der grossen Continente in ziemlich ähnlicher Gestalt sich nach Süden hin erstrecken. Die drei Theile der alten Welt, Europa, Asien und Africa machen ein zusammenhängendes, aller Orten vom Meere umflossenes Ganzes aus, welches von Nordamerica durch die schmale *Beh-ringsstrasse* getrennt ist. Das nördliche America ist durch das Polarmeer begrenzt, wie weit aber Grönland sich nach dem Pole hin erstrecke, ob unter dem Nordpole Land oder Meer sey, ist bisher aller Bemühungen ungeachtet noch nicht mit Gewissheit ermittelt. Eben so

Digitized by Google

wenig weiss man, ob das unter 62° 30′ S. B. und 60° W. L. von *Greenwich*, so wie auch sonstiges noch südlicher gelegenes Land aus zerstreuten Inseln bestehe, oder einem grösseren Continente angehöre; auch ist wegen der Unwirthbarkeit der dortigen Gegenden keine Hoffnung vorhanden, dieses jemals zu erforschen.

Inselgruppen gibt es viele, vorzüglich unter der heissen Zone und auf der südlichen Halbkugel. Die grösste liegt an der Südseite Asiens, und bildet mit Inbegriff von *Neuholland*, einer Insel vom weitesten Umfange, gleichsam die Hervorragungen eines grossen Continentes. Verschiedene andere Inselgruppen zeigen die Landcharten.

§. 230. Der Erdball hat an den verschiedenen Theilen seiner Oberfläche eine sehr verschiedene Temperatur, welche hauptsächlich durch äussere Erwärmung hervorgebracht wird. Die ältere Hypothese von einem Centralfeuer im Innern der Erde hat man unlängst aufgegeben, eben so wenig ist man aber berechtigt, den Meeresboden für gefroren zu halten, obgleich derselbe an einigen Orten unter dem Gefrierpunkte kalt ist. Dass die Erde in grösseren Tiefen nicht von Kälte erstarret, vielmehr höchst wahrscheinlich sehr heiss sey, geht aus den neuesten Beobachtungen unverkennbar hervor.

Die Kruste der Erde ist nach den Graden der Breite sehr ungleich warm, unter dem Aequator sehr heiss, über die Polarkreise hinaus an einigen Stellen stets gefroren, an andern ungleich wärmer. In der Tiefe von etwa 20 bis 30 Fuss hat sie eine gewisse unveränderliche Temperatur, welche der mittleren des Ortes fast genau gleich ist, und daher aus etwas tieferen Quellen, deren Wärme in der Regel im ganzen Jahre sich nicht ändert, mit ziemlicher Genauigkeit leicht gefunden werden kann. In der äquatorischen Zone beträgt diese Tiefe kaum etliche Fuss. Die Temperatur der Meere wird hauptsächlich dadurch bedingt, dass das kältere Wasser als specifisch schwerer herabsinkt, oder in niederen Breiten in der Tiefe bleibt. Daher ist in heissen Gegenden der

Digitized by Google

Meeresboden kälter als die Oberfläche, in den nördlichen Meeren ist der Unterschied geringer; ob sich aber irgendwo Eis unter dem Meere bilde, ist nicht ausgemacht, aber nicht wahrscheinlich. Von grossem Einflusse sind zugleich die vielen Meeresströme, vor allem die grossen Strömungen des kälteren Wassers von den Polen zum Aequator, die zugleich ein Zurückströmen des wärmeren Wassers bedingen.

Man hat in vielen Gruben eine mit der Tiefe zunehmende Wärme gefunden. In einigen ist diese erweislich eine Folge der in grösseren Tiefen brennenden vielen Grubenlichter und der dort arbeitenden Menschen, in andern ist es zweifelhaft, ob sich dieses als die Ursache der Erscheinung ansehen lässt, in noch andern endlich kann dieses bestimmt nicht stattfinden, und es geht daher aus der Gesammtheit dieser Erscheinungen, hauptsächlich aber aus den in tiefen Bohrlöchern angestellten Messungen, mit hoher, an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Wärme der Erde nach Innen zunimmt. Obgleich noch nicht bestimmt aufgefunden ist, in welcher Progression diese Wärmezunahme steigt, so muss doch der Erdball den genannten Erfahrungen nach einige Meilen unter der Oberfläche die Glühhitze haben.

§. 231. Die Temperaturen auf der Oberfläche der Erde stehen im Allgemeinen im Verhältniss zu den geographischen Breiten; sie nehmen, als Folge der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen, vom Aequator an gerechnet nach den Polen hin ab. Ausserdem ist die Wärme eines Ortes so viel geringer, je mehr er sich über den Meeresspiegel erhebt, indem die Wärme nach oben abnimmt, und die Erde durch ein noch mehr excentrisches elliptisches Sphäroid, als sie selbst ist, umgeben wird, welches man die Grenze des ewigen Schnees nennt. Daneben ist es auffallend, dass die südliche Erdhälfte ungleich kälter zu seyn scheint, als die nördliche, und dass sowohl das nördliche America als auch Asien, durch grosse Kälte vor Europa sich auszeichnet.

Wenn man die Sonne als einzige nächste Quelle der Wärme betrachtet, dabei aber die örtlichen bekannten

Digitized by Google

und unbekannten Einflüsse übersieht, so kann man die mittlere Temperatur der verschiedenen Orte dem Quadrate des Cosinus der Breite proportional setzen. Es ist nämlich sowohl die Menge der auf eine gegebene Fläche fallenden Sonnenstrahlen, als auch der senkrechte Stoss derselben, dem Sinus der Sonnenhöhe, mithin die vereinte Wirkung beider dem Quadrate dieses Sinus, also die hierdurch erzeugte Wärme dem Quadrate des Cosinus der Breite proportional. Man hat aber aus Beobachtungen die mittlere Wärme unter dem Aequator zu 24° R. angenommen, und hiernach durch Berechnung folgende Temperaturen für die verschiedenen Breiten und den Stand der Sonne gefunden:

Breiten.	Krebs.	Steinbock.	Widder und Waage.
0°	20°,4	20°,4	24°,0
10	22,5	16,5	22,8
20	23,5	12,4	20,6
30	23,5	8,4	17,7
40	21,6	4,3	13,9
50	18,9	1,9	9,6
60	15,3	0,24	8,0
70	11,3	0,07	2,6
80	7,2	— 1,0	0,7
90	3,6	— 3,6	0,0

Für niedere und mittlere Breiten stimmen diese Grössen mit den aus der Erfahrung gefundenen ziemlich gut überein, allein in höheren Breiten, vorzüglich in Asien und noch mehr in America, ist es ungleich kälter, als es hiernach seyn müsste. Neuerdings ist aber die Temperatur der Erdrinde, namentlich auf der nördlichen Halbkugel, ungleich volltändiger ermittelt, als zu der Zeit, in welcher man diese Formel für genügend erachtete. Nach diesen Untersuchungen gibt es eine vorzugsweise warme Strecke, die vom Atlantischen Ocean über Grossbritannien, Norwegen und Island bis nach Spitzbergen hinläuft. Die Ursache dieser hervorstechenden Wärme finden die meisten in den Strömungen des erwärmten Meerwassers, einige leiten sie ausserdem von der höheren Erdwärme dieser Gegenden ab, da der Bo-

Digitized by Google

den im höchsten Theile Norwegens nur bis zu geringer Tiefe gefriert, statt dass er unter gleichen Breiten in America und Sibirien mehrere hundert Fuss tief stets gefroren ist, und da der Meeresboden nicht bloss an der Westküste Irlands, sondern selbst über Spitzbergen hinaus an einigen Stellen etliche Grade Wärme über 0° zeigt. Ausserdem sind die westlichen Küsten aller grossen Continente wärmer, als die östlichen, was eine Folge der Meeresströmungen zu seyn scheint. Hiernach ist aufgefunden, dass es zwei Kältepole auf der nördlichen Halbkugel gibt, deren einer in America mit dem Magnetpole (§. 192.) nahe zusammenfällt, der andere in Sibirien ihm gegenüberliegt. Verbindet man die Orte gleicher Bodenwärme durch Linien, so heissen diese *isogeothermische*, und sie müssen nach dem Gesagten sehr gekrümmt seyn.

Die mittlere Wärme der Luft, oder die Temperatur der verschiedenen Orte stimmt mit der daselbst vorhandenen Bodenwärme ziemlich genau überein, und nimmt überall mit zunehmender Erhebung ab. Man rechnet für 100 Toisen Erhebung über die Meeresfläche eine Wärmeabnahme von 1° *C*, so dass es hiernach überall in ungleicher Höhe über der Erde eine gewisse Grenze geben müsste, wo die mittlere Temperatur = 0 wäre, oder vielmehr wo die Wärme des Sommers das im Winter erzeugte Eis nicht völlig zu schmelzen vermögte, wie man dieses auf den höchsten Spitzen der Berge, namentlich der Alpen, wirklich beobachtet. Diese, die Erde überall umgebende Grenze, welche ein mehr excentrisches elliptisches Sphäroid, als die Erde selbst, bildet, heisst die Grenze des ewigen Schnees, oder die *Schneegrenze*, und sie müsste hiernach regelmässig vom Aequator an gerechnet tiefer herabgehen, an den Polen aber die Oberfläche der Erde berühren. Allein hiermit stimmt die Erfahrung nicht völlig überein, indem die Schneegrenze bald höher bald niedriger gefunden ist, und auf allen Fall in verschiedenen Ländern, namentlich der nördlichen Halbkugel, unter beträchtlich niedrigern Breiten, als unter dem Pole selbst, die Erde berührt. Ueberhaupt

Digitized by Google

ist die der zunehmenden Erhebung über der Meeresfläche zugehörige Abnahme der Wärme nicht so regelmässig und überall gleich, als zu einer scharfen Bestimmung der Schneegrenze aus der mittleren Temperatur der Orte erforderlich wäre, indem die zahlreichen Beobachtungen höchst verschiedene Resultate geben. Man darf daher die Angabe, wonach 100 Toisen auf 1° C. gerechnet werden, nur als eine genäherte ansehen. Den Beobachtungen nach setzt man ziemlich richtig die Schneegrenze auf der nördlichen Halbkugel in folgende Höhen:

0°	N. B.	auf	2460	T.	nach	*v. Humboldt*	in Quito.
20	—	—	2350	—	—	—	— Neuspanien.
35	—	—	1800	—	—	—	— —
45	—	—	1420	—	nach	*v. Saussure* und *Ramond*	in den Alpen.
62	—	—	900	—	nach	*v. Buch*	in Norwegen.
65	—	—	482	—	nach	*Ohlsen* und *Vetlafsen.*	

In Norwegen fand *v. Buch* die Schneegrenze

unter	61°,0	N. B.	in 866	Toisen.
—	62,5	—	— 810	—
—	67,0	—	— 600	—
—	70,0	—	— 550	—
—	71,0	—	— 366	—

Dieses gilt aber nur für das verhältnissmässig sehr warme Norwegen, indem unter 70° N. B. in Sibirien und auf gleiche Weise in Nordamerica schon die Gegenden des ewigen Eises anfangen, wo die Erde nie aufthauet. Merkwürdig ist dabei, dass die mittlere Temperatur der Schneegrenze unter dem Aequator 0°,3 *R.*, in den gemässigten Zonen aber — 3°,7 *R.* beträgt.

2) Die *südliche Halbkugel* wird für ungleich kälter als die nördliche gehalten. Auf jener war *Cook* bis zum Jahre 1774 am weitesten vorgedrungen, konnte aber nur bis 71° 10′ S. B. gelangen, anstatt dass die Grönlandsfahrer auf dieser meistens bis 80° N. B. kommen, *Scoresby* aber 81° und *Parry* fast 82° N. B. erreicht haben. Der Unterschied beginnt indess erst unter höheren Breiten, wie folgende Zusammenstellung der auf dem Atlantischen

Digitized by Google

Ocean und an den Westküsten Europa's in Centesimalgraden beobachteten Temperaturen nach *v. Humboldt* zeigt.

Breite.	*Correspond. Monate.*	*Mittlere Temperatur* *südl. Halbk.*	*nördl. Halbk.*
0°—15°	December Juni	26°,0 —	— 28°,5
18°	October April	— 27°,5	26°,5 —
22°—26°	Januar Juli	— 22°,5	19°,3 —
	September März	— 20°,8	20°,5 —
34°	December Juni	— 13°,8	15°,4 —
	Februar August	— 16°,8	17°,0 —
43°	Juli Januar	— 15°,2	18°,2 —
49°	Juni December	— 7°,0	17°,7 —
58	Juli Januar	— 6°,2	13°,5 —

Aus den neuesten genaueren Beobachtungen geht hervor, dass die südliche Halbkugel allerdings etwas kälter ist, als die nördliche. Hierauf hat die grössere Nähe der Sonne im Winter (§. 206.) gar keinen, die etwa 8 Tage längere Dauer des nördlichen Sommers nur einen geringen Einfluss, die eigentliche Ursache dagegen liegt

Digitized by Google

in der grösseren, mehr Wärme als das Wasser entwickelnden, Ländermasse der nördlichen Halbkugel. Dadurch wird zugleich bewirkt, dass die Extreme der Wärme und Kälte auf der südlichen Halbkugel weit geringer sind, als auf der nördlichen, weswegen die Seefahrer auf jener unter nicht eben hohen Breitegraden im Sommer rauhe Witterung antrafen, und davon auf allgemein grössere Kälte schlossen. Der Hauptgrund, weswegen man die Grenze des ewigen Eises beim Südpole in eine Entfernung von 18°, beim Nordpole dagegen von 9° setzte, lag darin, dass man gerade die am meisten bekannte, ausnahmsweise sehr warme, Westküste Europa's zur Vergleichung wählte; aus einer Uebersicht des Ganzen geht aber eine nur wenig verschiedene mittlere Temperatur beider Halbkugeln hervor, denn die hohe Kälte des Feuerlandes hat sich nach den Berichten neuerer Reisenden nicht bestätigt, und nach *Horsburgh* gelangen die grossen Massen des Polareises auf beiden Hemisphären fast zu gleichen Breitengraden. Auf der südlichen wurden solche unter 44°; 37°,5 und sogar 36° S. B., auf der nördlichen aber unter 42°,5 N. B. und im April 1841 unter 45° gesehen, auf beiden merkwürdiger Weise jedesmal im April.

§. 232. Wenn gleich die Sonnenstrahlen die nächste, wo nicht die einzige Ursache der Wärme auf der Erde sind, so trifft doch die grösste Hitze weder der Tages- noch der Jahreszeiten mit dem höchsten Stande der Sonne zusammen. Aus leicht begreiflichen Gründen aber fallen die grössten Unterschiede der Wärme und Kälte nicht unter den Aequator, sondern unter höhere Breiten, wie denn überhaupt die höchsten Temperaturen nicht auf gleiche Weise wie die mittleren mit der Zunahme der Breiten abnehmen.

Um die Temperatur zu beobachten, muss das Thermometer frei, etwa einen Fuss vom Fenster abstehend, an der Nordseite der Häuser und zugleich so aufgehangen werden, dass die Luft freien Zutritt dazu hat und dass weder die Sonnenstrahlen, noch auch wärmere oder kältere Luftströmungen dasselbe treffen, um die jedes-

Digitized by Google

malige Wärme der Luft, ohne sonstige Einflüsse, zu messen. An den meisten Orten, hauptsächlich unter mittleren Breiten, fällt in der Regel die grösste Hitze der Tage zwischen 2 und 3 Uhr, der Jahreszeiten im Julius; die grösste Kälte der Tage minder bestimmt, bald um Mitternacht, bald nahe vor Sonnenaufgang, und die der Jahreszeiten in den Januar. Da die Temperatur stets wechselt, so sucht man nur die *mittlere* der Tage, der Monate, der Jahreszeiten und der Jahre zu erhalten, indem man die höheren und niedrigern gegen einander ausgleicht. Um die tägliche mittlere Wärme zu erhalten ist es am zweckmässigsten, zweimal täglich an zwei gleichen Stunden zu beobachten, und scheinen hierzu die Stunden um 6 Uhr, 9 Uhr und 10 Uhr Morgens und Abends am geeignetsten. Das Mittel aus diesen zwei Beobachtungen für 6 Uhr mit 1,044; für 9 Uhr mit 1,0103; für 10 Uhr mit 0,9921 multiplicirt, gibt die mittlere Wärme der Tage am genauesten, woraus dann die mittlere der Monate und Jahre auf bekannte Weise gefunden wird. Verbindet man diejenigen Orte der Erde, die eine gleiche mittlere Temperatur haben, durch Linien, so heissen diese isothermische oder *Isothermen*. Eine gleiche mittlere Temperatur kann aber aus einem grösseren oder geringeren Unterschiede der Hitze im Sommer und Kälte im Winter hervorgehen; man verbindet daher diejenigen Orte der Erde, wo eine gleiche Sommerwärme, und diejenigen, wo eine gleiche Winterkälte herrscht, gleichfalls durch Linien, und nennt jene *Isotheren*, diese *Isochimenen*. Diese drei Arten von Linien auf eine Weltcharte oder einen Globus aufgetragen geben eine klare Uebersicht der Temperatur-Verhältnisse, die aber bis jetzt nur für die nördliche Halbkugel näher bekannt sind. Dabei ist indess die Erhebung über die Meeresfläche zu berücksichtigen, deren Einfluss man nach dem Gesetze der mit der Höhe abnehmenden Wärme annähernd zu corrigiren pflegt.

Folgende Tabelle zeigt die mittleren Temperaturen verschiedener Orte auf der nördlichen Halbkugel in Graden des Centesimalthermometers, ohne Höhencorrection:

Digitized by Google

Oerter.	N. B.		Temperat.
Guyana	0°	0°	28°,1
Madras	13	14	27,7
Cumana	10	17	27,5
Havanna	23	9	25,6
Vera Crux	19	9	25,0
Cairo	30	3	22,5
St. Croix di Teneriffa	28	28	21,5
Algier	36	48	21,3
Neapel	40	50	18,0
Rom	41	54	15,5
Marseille	43	18	14,4
Mailand	45	28	13,2
Peking	39	54	12,7
Philadelphia . . .	39	57	12,4
Newyork	40	42	12,1
Francecker	52	36	11,0
Amsterdam	52	22	10,9
Paris	48	50	10,8
Wien	48	12	10,8
Buda (Ofen) . . .	47	30	10,6
Cork	51	54	10,6
Mannheim	49	29	10,3
Strassburg	48	35	9,7
London	51	31	9,8
Eniscoo	54	48	9,8
Genf	46	12	9,5
Dublin	53	21	9,3
Sala	59	50	9,3
Berlin	52	31	9,1
Bellycastle	55	12	8,9
Edinburg	55	58	8,4
Göttingen	51	32	8,3
Koppenhagen . . .	55	41	7,7
Delft	52	1	7,5
Williamstown . .	42	30	7,1
Quebeck	46	48	5,6

Digitized by Google

Oerter.	N. B.	Temperat.
Christiania	59 55	5°,8
Stockholm	59 20	5,1
Upsala	59 52	5,0
Abo	60 27	4,6
Drontheim	63 26	4,5
Moscau	55 47	3,8
Petersburg	59 56	2,5
Wadsoë	70 20	2,2
Umeo	63 49	1,9
Uleo	65 3	0,6
Nordcap	71 10	0,0
Cumberland-House	54 0	0,0
Torneö	66 20	— 0,5
Enontekis	68 17	— 2,8
Nain	57 0	— 3,6
Fort Enterprise . .	64 30	— 9,9
Winter Island . .	66 25	— 14,18
Port Bowen . . .	73 15	— 15,6
Igloolik Island . .	69 30	— 16,6
Melleville Ins. . .	74 45	— 18,7

Unter dem Aequator, auf der See und auf kleineren Inseln, ist die Temperatur mehr gleichbleibend, und nicht so hoch, als man nach der herrschenden Vorstellung von der Hitze unter der Linie meistens glaubt. Sie steigt nicht über 28° und sinkt selten unter 21° C. Auf dem Lande, namentlich grossen Continenten, nimmt der Unterschied der Hitze und Kälte mit der Erhebung über die Meeresfläche ab, so dass man auf Hochebenen sogar mildes Klima findet. Die grössten Extreme der Wärme und Kälte finden in Nordamerica, Sibirien und Schweden statt. In Grönland sind — 42°,5 als niedrigste, 31°,25 als höchste, in Kasan — 39°,8 und 34°,5, in Petersburg — 49°,8 und 33°,4 als Extreme beobachtet. Im mittleren Deutschland sind — 27° und 35° als Extreme anzusehen. Die höchsten Grade der Kälte, bei welcher das Quecksilber wochenlang gefroren ist, findet

Digitized by Google

man im nördlichen Sibirien, z. B. zu Jakuzk unter 62° N. B., wo *Erman* — 57°,7 und zu Nischnei-Udiusk, wo *Hansteen* — 63° beobachtete, wie fast auf gleiche Weise an den Nordküsten von America, z. B. auf der Insel *Melville*, wo — 48°,3 von *Parry*, zu Fort Franklin, wo — 50° von *Richardson* und zu Fort Reliance unter 62°,5, wo — 56°,7 von *Back* beobachtet sind. In einzelnen Fällen geht indess sicher auch dort die Temperatur noch ungleich tiefer herab, denn sogar in Torneö erreichte die Kälte im Jahre 1810 die unglaubliche Stärke von — 58°. Die grösste Hitze trifft man in den Sandwüsten Africa's, wo sie im Schatten bis 43° steigt; über der erhitzten Oberfläche der Sandwüsten aber auf 54°. In America unter 0° bis 10° der Breite steigt die Hitze selten über 38°, und in *Veracruz* wurde in 13 Jahren keine höhere Temperatur als 35°,6 beobachtet, in *Sidney-Town* auf Neuholland dagegen zeigte 1791 das Thermometer 40° im Schatten. (Alle genannte Grade nach der Centesimalskale.)

§. 233. Das Klima einer Gegend, welches hauptsächlich von der durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen erzeugten Wärme abhängt, wird ausserdem durch manche örtliche Ursachen bedingt, und hat einen entschiedenen Einfluss auf die vegetabilische und animalische Schöpfung.

Ausser der Temperatur, als Folge der geographischen Breite und der Höhe über der Meeresfläche, bedingen das Klima hauptsächlich der Zustand der *Feuchtigkeit* und die herrschenden Winde. Von grossem Einflusse sind ausserdem vorzüglich die Nähe des Meeres, der Schutz gegen heisse oder kalte Winde durch Berge, benacharte Wälder, grosse Flüsse, Seen und weite Ebenen. Man unterscheidet daher in dieser Hinsicht das *Inselklima*, *Bergklima*, *Thalklima* und das *Klima der Ebenen*.

Das Klima bedingt wiederum die Vegetabilien und Animalien in der Art, dass einige derselben nur heisse, andere nur kalte Gegenden ertragen, im Ganzen die Natur durch grössere Kälte weniger productiv wird, und

Digitized by Google

die Vegetabilien sich leichter aus nördlichen Gegenden in südliche verpflanzen lassen, als umgekehrt, dabei aber meistens ihre eigenthümliche Beschaffenheit ändern. Im Allgemeinen sind die Vegetabilien heisser Gegenden aromatischer, und kräftiger auf das Leben der Thiere einwirkend, als die aus kalten Gegenden. Es gehören der heissen Zone ausschliesslich an die Palme, Pisang, Cactus und die gewürztragenden Pflanzen; der gemässigten der Nussbaum, der Oelbaum und Weinstock; der kälteren die Fichte, Kiefer, Birke und Hagebuche. Weiden und einige Moose wachsen noch im hohen Norden und auf den höchsten Berggipfeln; Grönland, Spitzbergen und ähnlich liegende Länder haben ausser einzelnen Pflanzen gar keine Vegetation. Die Getreidearten gedeihen unter sehr verschiedenen Klimaten, und können unter günstigen Bedingungen vom Aequator an bis 70° N. B. gebauet werden, gerathen aber am sichersten ohngefähr vom 45sten bis 55sten Breitengrade. Auf gleiche Weise sind Löwe, Tiger, Elephant, Giraffe, Strauss u. a. nur tropische Thiere, dagegen Rennthier, Elennthier, weisse Bär, Zobel, schwarze Fuchs, Ridergans u. a. dem hohen Norden angehörig. Menschen leben in allen Zonen, jedoch sind der Cultur und der Acklimatisirung an die verschiedensten Zonen fähig weniger der südamericanische und südseeinsularische, mehr der africanische und chinesische, am meisten der kaukasische (europäische) Menschenstamm. Den Einfluss der verschiedenen Zonen auf die Vegetabilien kann man im Kleinen an sehr hohen Bergen wahrnehmen, wo vom Fusse bis zur Spitze die verschiedensten Temperaturen herrrschen und die ihnen angemessene Vegetation begünstigen.

§. 234. Die Oberfläche der Erde besteht im Allgemeinen aus Ebenen und Berggegenden. Unter die ersteren gehören hauptsächlich die Sandwüsten, die *Llanos* in Südamerica, die Steppen und Heiden. Berge stehen selten einzeln, vielmehr bilden sie meistens zusammenhängende Ketten, die sogenannten Gebirgszüge, welche oft nicht

Digitized by Google

bloss die fortlaufenden Enden grosser Continente und Inseln bilden, sondern auch in das Meer als Inselgruppen oder einzelne Klippen fortlaufen, ohne eine früher geglaubte bestimmte Regelmässigkeit. Enthalten die weitausgedehnten Erhebungen keine hervorragende Spitzen, so nennt man sie Gebirgsebenen, Hochebenen, Plateaus.

Unter den Sandwüsten ist die ausgezeichnetste die grosse *Sahara* in Africa, dessgleichen die kleineren, die Sandwüsten in Nubien und an der West- und Südküste dieses Welttheils. Sie haben im Allgemeinen den Charakter, dass sie aus gröberem Kiessande oder feinerem Meersande von 50 bis zu mehreren hundert Fuss Tiefe bestehen, und ohne alle Vegetation sind. Da wo Granit die Unterlage ist, sammelt sich das Regenwasser, bildet Quellen, und erzeugt die fruchtbaren *Oasen*, wie Inseln in einem unabsehbaren Meere. Asien hat die gleichfalls furchtbare Wüste *Gobi* oder *Schamo*, und kleinere in Afghanistan und Cabulistan, desgleichen in Mesopotamien und Arabien. America und Europa haben keine eigentliche Sandwüsten, ersteres wenigstens nur in sehr geringer Ausdehnung. Dagegen sind die *Llanos* unabsehbare Ebenen mit der üppigsten Vegetation zur Regenzeit, aber verbrannte und nur entlaubte Baumspitzen zeigend zur Zeit der grössten Dürre. Solche sind bei *Varinas*, über 1000 Quadratmeilen gross, bei *Caracas* u. s. w. Ihnen ähnlich sind die *Pampas* von *Buenos Ayres* und *Chaco*. Die Steppen, vorzüglich in Russland und Polen, sind weit ausgedehnte Viehweiden mit hohem Grase; die Heiden, vorzüglich an den Küsten der Nordsee, sind unfruchtbar durch ihren sandigen Boden, und erzeugen in sumpfigen Gegenden den Torf.

Bei den Bergen unterscheidet man den Fuss, den Abhang und den Gipfel. Weit ausgedehnte Berge heissen *Gebirgszüge*, wenn sie von Hochgebirgen ausgehen, *Gebirgszweige*, die von jenen auslaufen. *Hauptgebirgsketten* haben etwa 30, *Mittelgebirgsketten* 20, und *kleine Gebirgsketten* 10 Meilen Längenerstreckung. *Hochgebirge* rechnet man über 6000 F., *kleine Gebirge* über 600 F. hoch, die niedriger sind nennt man Hügel.

Digitized by Google

Einzelne hervorragende Gebirge befinden sich meistens auf den Inseln als vulkanische *Pic's*. Am bekanntesten auf dem europäischen Continente sind der *Puy de Dome*, der *Zobtenberg* und die *Landskrone*, ersterer vulcanisch, letztere Uebergangs- und Urgebirge.

Die früheren Bemühungen, einen *Bergäquator* und *Bergmeridiane* zu finden, hat man jetzt als nichtig aufgegeben. Die hauptsächlichsten Gebirgszüge sind:

1) In Asien das *Uralgebirge*, welches am kaspischen Meere anfängt, bis ans Eismeer fortläuft, und Europa von Asien trennt; der *Caucasus*, der *Taurus*, welcher in Kleinasien anfängt und sich an den Libanon anschliesst; die Gebirgskette Arabiens parallel mit dem rothen Meere; der *Erwend* und *Darnewend*, mit jenem parallel, in Persien; der grosse und kleine *Altai*, welcher unter verändertem Namen bis zur Nordküste Sibiriens fortläuft; die mit dieser fast parallel laufende grosse Gebirgskette des *Mustag* oder *Imaus*, von welcher viele andere Zweige auslaufen, hauptsächlich die von *Tibet* aus bis an die südlichsten Spitzen des Welttheils sich erstrecken, und das durch seine hohen Spitzen berühmte *Himlaya*-Gebirge.

2) Africa ist zu wenig bekannt, doch kennen wir darin die *Mondsberge* oberhalb Aegypten, die vom Vorgebirge der guten Hoffnung an der Meeresküste nordwärts fortlaufende Bergkette; den *Ambohitsmene* oder *Vohitsanghombe* oder die rothen Gebirge auf *Madagascar*, und den an der nordwestlichen Küste liegenden, in viele Zweige auslaufenden, *Atlas*. Auch Mittelafrica hat gewiss bis jetzt noch unbekannte hohe Gebirgsketten.

3) Unter den europäischen Bergketten sind die bedeutendsten die *Pyrenäen* mit verschiedenen Zweigen, vorzüglich demjenigen, welcher in südlicher Richtung die Halbinsel durchschneidet, wozu die *Iberischen Gebirge* und die von *Granada* gehören. Im südlichen Frankreich beginnt eine Bergkette mit den *Cevennen*, läuft nördlich, sendet einen Nebenzweig nordwestlich, welcher die Flussgebiete der Seine und Loire trennt; eine andere läuft mehr nördlich zwischen Marne und Maas nach den

Digitized by Google

Ardennen. Den höchsten europäischen Gebirgspunkt bilden die *Alpen*, und in ihnen der *Montblanc*. Von diesem anfangend über den kleinen Bernhard und Mont Cenis ziehen sich die *Meeralpen* südwestlich nach Marseille, woran die *Apenninen* stossen, welche Italien der Länge nach durchschneiden und von Sicilien durch die Meerenge getrennt sind. Eine andere von ihm auslaufende Bergkette begreift die *rhätischen Alpen*, die *Tyroler*, die *Karnischen* und *Julischen Alpen*, läuft unter dem Namen der *Dinarischen Alpen* an der Küste des adriatischen Meeres hin, und schickt einen Arm nach Griechenland, einen anderen grösseren aber in östlicher Richtung unter dem Namen der sardischen Berge. Eine andere von den Schweizeralpen auslaufende, Kette begreift die Gebirge des *Schwarzwaldes*, grenzt an die *schwäbischen Alpen*, und zieht mit Unterbrechung fort bis zum *Fichtelgebirge*, welches einen Theil der bis zum *Harzgebirge* fortlaufenden Kette bildet, von welchem wieder kleinere Zweige auslaufen. Die Berge der südlichen und westlichen Grenze Böhmens stossen an die schlesische Bergkette, die *Sudeten*, welche sich an die *Karpathen* anschliessen, und unter diesem Namen, auch *Sarmatische* und *Tartargebirge* genannt, die nördliche Grenze Ungarns bilden. Die Kette der nicht hohen *Wolckonskoigebirge* verzweigt sich nach vielen Seiten zwischen *Don*, *Wolga* und *Dnieper*; eine Hauptgebirgskette aber, mit verschiedenen Nebenzweigen, theilt die Skandinavische Halbinsel, und bildet unter dem Namen *Sewoo-* oder *Kiölen*-Gebirge die Grenze zwischen Norwegen und Schweden.

4) America hat die längste und merkwürdigste Gebirgskette, die *Cordilleren*, welche an der magellanischen Meerenge anfängt, mit der westlichen Küste des Landes fast parallel läuft, die Landenge von *Panama* bildet, und sich in Nordamerica in mehrere Arme theilt, deren längster in gleichbleibender Richtung sich bis zum *Cap* Prinz *Wallis* erstreckt, und von den Enden der asiatischen Hauptgebirge durch die Behringsstrasse getrennt wird. Sowohl in Nord- als Süd-America laufen mehrere Zweige desselben meistens in östlicher Richtung, und dienen,

Digitized by Google

hauptsächlich in Südamerica, wo sich zugleich die höchsten Gebirgspunkte nicht bloss dieses Welttheils, sondern vielleicht auch der ganzen Erde befinden, zur Bildung der ungeheuern Flüsse dieses Erdtheils und ihrer Flussgebiete.

5) Auch der fünfte Welttheil hat in Neuholland eine grosse Gebirgskette, die noch wenig bekannten *blauen Berge*, aufzuweisen.

Bergebenen, Plateau's, gibt es in Europa nur kleine, namentlich in Spanien, in Böhmen und die hochliegende Fläche des Schwarzwaldes. Die bekanntesten sind in America, namentlich die von *Quito*, worauf *Sta. Fe de Bogota* in einer Höhe von 8160 F. und *Antisana* 12600 F. hoch liegt, und die kleinere von *Mexico*. Am ausgedehntesten ist wohl die Sandsteppe ohne Flüsse in Asien, die Wüste *Cobi* zwischen dem *Altai*, *Imaus* und andern hohen Bergen.

§. 235. Die Höhe der Berge misst man entweder trigonometrisch oder barometrisch, oder, wiewohl selten bei hohen Bergen und nie bei Bergspitzen, durch Nivellirung.

Am leichtesten und im Allgemeinen am sichersten sind die barometrischen Messungen (§. 58.).

Einige der höchsten Berge sind, in Pariser Fuss gerechnet, der Aetna in Sicilien 10484 F., der Vesuv bei Neapel 3695 F., der *Monte Cervello* auf *Corsica* 5622 F. Dann die Berge von *Savoyen* und *Wallis*, worunter der höchste europäische, der *Montblanc*, von 14760 F. ist. Ausserdem der *Mont Cervin* von 13860 F., der Pass darüber von 10284 F., der *Col de Geant* von 10578 F., der *Mont Cenis* von 11058 F., der *Mont Rose* von 14310 F., der *Orteler* von 12019 F., der grosse *Bernhard* von 8460 F., das Hospitium daselbst von 7668 F., der *Simplon* von 10830 F. und der Pass darüber von 6174 F. Unter den vielen Schweizerbergen bilden die höchsten Spitzen der Finster-Ahorn von 13218 F., die Jungfrau von 12870 F., der Mönch von 12666 F., und der Schreckhorn von 12558 F. Der Pass bei *Splügen* ist 6451 F., der am kleinen *Bernhard* 6750 F. und der Rheinfall bei

Digitized by Google

Schaffhausen 1013 F. über der Meeresfläche. Unter den Tyroler und Salzburger Alpen bilden der *Oerteler* von 14416 F., der *Grossglockner* von 11982 F. und die *Hohenwartshöhe* von 10393 Fuss die höchsten Spitzen. Im südlichen Deutschland sind der *Belchen* von 4370 F., der *Feldberg* von 4582 F. und der *Schwarzwald* an der böhmischen Grenze von 5870 F. die höchsten. Im mittleren Deutschland bilden der *Feldberg* bei *Frankfurt* von 2606 F. und der *Altkönig* von 2400 F. die grössten Höhen, in Norddeutschland aber der *Brocken* von 3508 F. nebst den ihn umgebenden, der *Heinrichshöhe* von 3150 F., dem *Bruchberge* von 2725 F. und der *Achtermannshöhe* von 2580 F. Höhe. Sie werden übertroffen durch die fränkischen, böhmischen und schlesischen Gebirge, wovon der *Fichtelberg* 3731 F., der *Schneeberg* 4007 F., die *Riesenhoppe* aber, die höchste Spitze mehrerer umherliegender hoher Berge der Sudeten, 4950 F. hoch ist. Höher werden die Berge dieser Kette in den Carpathen, indem die *Lomnitzer* Spitze 8100 F., der *Surul* aber 9000 F. erreicht. Unter den höchsten Spitzen der Pyrenäen erreichen viele eine Höhe von 10000 F., der *Maladetta* 10722 F., der höchste Berg in Grossbritannien aber, der *Ben-Newis*, ist nur 4378 F. hoch, in Skandinavien dagegen der *Sneehöttan* 7082 F. Der nordöstliche Theil von Europa hat keine hohe Berge, Asien dagegen vielleicht die höchsten in der Welt. So ist der *Elbrus* im *Caucasus* 17388 F., der *kleine Altai* 9120 F., der *Libanon* wenigstens 8946 F., der *Sinai* 7200 F., der *Dhawalagiri*, die höchste Spitze des *Himalaya*-Gebirges und, so weit bis jetzt bekannt ist, der höchste Punkt der Erde, 24166 F. oder sogar 26340 F. hoch. Africa's Berge sind wenig gemessen, doch ist der Berg bei *Nieuwefeld*, nicht weit vom *Cap*, 9600 F., die Nilquelle 9912 F. und die Spitze des Atlas 13200 F. hoch. America wetteifert mit Asien in der Menge sehr hoher Berge, doch bleibt der lange Zeit für den höchsten Punkt auf der Erde gehaltene *Chimboraço* von 20148 F. Höhe weit hinter den asiatischen Bergspitzen zurück, denen jedoch andere, in Südamerica

Digitized by Google

neuerdings aufgefundene, mindestens sehr nahe kommen, ja sogar sie noch übertreffen sollen. Unter den Inselbergen ist der *Mauna-Roa* auf *O. Wyhee* von 14894 F. der höchste.

§. 236. Weit mehr Aufmerksamkeit als die äussere Gestalt der Berge hat von jeher ihr Inhalt erregt. In Rücksicht auf diesen unterscheidet man im Allgemeinen die Urgebirge, auch primitive oder Gebirge der ersten Formation genannt, secundäre Gebirge oder der zweiten Formation, Flötzgebirge und angeschwemmte oder Seifengebirge. Eine auffallende Erscheinung sind die vielen einzelnen Granitblöcke, welche man an den verschiedensten Orten zerstreuet antrifft.

Die Gebirge der ersten Formation oder die Urgebirge bestehen vorzüglich aus *Granit*, welcher meistens in regellos geformten Massen, in der Regel *unter* den übrigen Gebirgsarten, selten neben ihnen, noch seltener über denselben als geschichtet, und also wahrscheinlich neueren Ursprungs, vorkommt, ohne dass man berechtigt ist, den eigentlichen Kern der Erde hieraus bestehend anzunehmen. Ferner bestehen sie aus *Gneis* und *Glimmerschiefer*, meistens auf oder neben jenem gelagert, aus *Porphyr*, älterem *Serpentin*, *Syenit* und *Urkalk*. Alle enthalten keine oder nur zufällig hineingekommene Reste einer organischen Schöpfung, und bilden im Ganzen die höchsten zackigen und schroffen Felsenspitzen.

Unter die *Uebergangsgebirge* rechnet man diejenigen, welche aus *Grauwacke*, *Grünstein* oder *Diorit*, *körnigem Kalk* (auch Urkalk genannt), *Kieselschiefer*, einigen Arten *Thonschiefer*, *Anhydrit*, *Aphanit*, *Uebergangsgranit*, *Porphyr*, *Gabbro*, *Pyroxen-Porphyr* und anderen Felsarten bestehen. Sie sind vorzüglich die Lagerstätte der Metalle, und werden wegen der Lagerung ihrer Schichten auch *stratificirte* Gebirge genannt.

Jünger als diese sind die *Flötzgebirge*. Sie bestehen hauptsächlich aus *Sandstein*, *Schieferthon*, *Kupferschiefer*, *Stinkstein* und verschiedenen Arten von *Kalk*, in welchen sich eine ungeheure Menge versteinerter Seegeschöpfe

Digitized by Google

findet, wonach man den *Jurakalk*, *Muschelkalk* und *Gryphitenkalk* unterscheidet, desgleichen aus Gyps und mehreren andern Felsarten. Noch neueren Ursprungs sind die *aufgeschwemmten* oder *Seifengebirge*, welche aus *Lehm*, *Sand*, *Thon*, *Mergel*, *Kalktuff* u. dgl. bestehen, viele Reste organischer, aber keine Seeproducte, selten etwas Metall enthalten, und nur als niedrige Hügel, selbst in flachem Lande, vorkommen.

Einzelne Granitblöcke, aber auch Bruchstücke von andern Felsarten, findet man an den verschiedensten Orten weit von Bergen, welche aus ähnlichen Bestandtheilen bestehen, namentlich in der Lüneburger Heide und in den Küstenländern der Ostsee, von wo aus sie bis über die Elbe hinaus zerstreuet sind, ohne dass man bisher genügend erklären konnte, wie sie dahin gelangt seyn mögen.

§. 237. Eine eigene Klasse von Bergen machen die basaltischen aus. Sie bestehen aus Basalt, welcher meistens in sechsseitigen Säulen regelmässig mit engen Zwischenräumen auf und nebeneinander geschichtet, zuweilen regellos übereinander gestürzt ist. Die Berge selbst erheben sich theils in grossen Massen, theils und meistens in einzelnen freistehenden Kuppen, oft auf andern Gesteinen aufsitzend, zuweilen in beträchtlichen Ketten, im Ganzen neben solchen Fossilien, welche Spuren einer Einwirkung des Feuers zeigen. Der Basalt selbst ist löcherig und mit Olivin durchwachsen, mitunter selbst sehr porös und lavenartig, so dass die Geognosten lange über seinen Ursprung stritten und diesen bald dem Wasser, bald dem Feuer, bald der vereinten Wirkung beider zuschrieben. Nach den neuesten Untersuchungen unterliegt es keinem Zweifel, dass derselbe im feurig flüssigen Zustande durch vulkanische Kräfte emporgehoben sey.

Basaltische Berge sind sehr allgemein verbreitet. Unter die bekanntesten gehört der *Riesendamm* bei *Antrim* und die *Fingalshöhle* auf *Staffa*; in Frankreich die Basaltberge in *Vivarais* und der *Auvergne*, in Deutschland die Hessischen und am linken Rheinufer, der *Hasenberg* in Böhmen, der *Dietunata Goala* in Siebenbürgen, und ver-

Digitized by Google

schiedene in Italien. Man findet Basalt auf Granit und mit Granit umlagert, als habe er beim Emporkommen aus der Erde eine Rinde dieses Gesteins durchbrochen, auf Sandstein und Kalk, und zwar sowohl auf secundärem als auch auf primitiven, sogar schichtenweise von demselben durchzogen; auf dem *Meisner* in Hessen findet man ihn selbst über Braunkohlen liegend. Neben Laven gelagert wird er am *Aetna*, in der *Auvergne* auf der Insel *Bourbon* u. a. a. O. gefunden.

Dass derselbe durch vulcanische Kräfte in die Höhe gehoben sey, und hierbei sich unter und über den verschiedensten Gebirgsarten im flüssigen Zustande verbreitet, auch manche der letzteren eingeschlossen, verändert und modificirt habe, ist nach den neuesten Untersuchungen nicht mehr zweifelhaft.

§. 238. Die Vulcane haben von jeher die Aufmerksamkeit der Geognosten und der Beobachter überhaupt vorzüglich in Anspruch genommen. Sie sind entweder erloschene oder noch thätige. Die Zahl der ersteren ist so gross, dass wir ihren früheren Wirkungen bedeutende Veränderungen der Erdoberfläche beimessen dürfen.

Wenn man nach entscheidenden Gründen den Basalt, vielleicht auch Trapp und mehrere Arten Wacke als vulcanische Producte ansieht, und dazu die Menge der unverkennbaren Laven nimmt, so kann man mit Wahrscheinlichkeit die Zahl der erloschenen Vulcane fünfmal so gross als die der noch thätigen ansehen. Darunter gehören dann die vielen, aus den genannten Felsarten bestehenden Berge in Deutschland, Frankreich und Italien, im gricchischen Archipelagus, in Portugal, selbst in Grönland, hauptsächlich in Asien und noch mehr in America, dessen höchste Bergspitzen sämmtlich die Gestalt der Vulcane haben. Ausserdem zeigen die meisten asiatischen, africanischen und Südsee-Inseln Spuren früherer Vulcaneität.

§. 239. Sehr gross ist die Zahl der noch jetzt brennenden Vulcane, welche sicher noch nicht alle bekannt sind, und von Zeit zu Zeit durch neu entstehende ver-

Digitized by Google

mehrt werden. Sie unterscheiden sich sehr durch ihre Grösse und die Stärke, nebst der Zahl ihrer Ausbrüche, welche übrigens bei den kleineren am häufigsten sind.

Die Gesammtzahl aller Vulcane ist schwer zu bestimmen, weil man in vielen Fällen nicht weiss, ob man einen Vulcan für einen erloschenen oder noch thätigen halten soll, oder ob nicht einzelne Vulcane auf den Inseln von verschiedenen Seefahrern verschieden benannt, und demnach doppelt gezählt wurden. Unter die bekanntesten gehören:

1) In Europa der *Vesuv* in Italien, der *Aetna* auf Sicilien, die Liparischen Inseln, Milo und Santorin im griechischen Archipelagus, die Insel *Mayen* bei Grönland, und die zahlreichen Vulcane auf der ganz vulcanischen Insel Island, unter denen der *Hecla* gegenwärtig weniger tobend ist, als der *Krabla* und die vielen *Yökuls* (Eisberge).

2) Die asiatischen Küstenländer und Inselgruppen sind vorzugsweise reich an Vulcanen. Dahin gehören die auf *Kamtschatka*, auf den Aleutischen, Kurilischen und Japanischen Inseln, auf den Marianen oder Laronen, den Philippinen, den Molucken, auf *Java* und mehreren Südseeinseln.

3) Auf dem Continente von Africa kennt man keinen Vulcan, dagegen finden sie sich auf den Azoren, auf der Feuerinsel unter den *Cap-Verdischen*, auf den Canarischen Inseln und auf der Insel Bourbon.

4) America hat in seiner ganzen Länge viele, meistens noch sehr thätige Vulcane. Mehrere liegen in der Provinz *Guatimala*, desgleichen in *Mexico*, unter denen der *Pic d'Orizaba*, der *Popocatepell*, der *Colima*, der *Tustla* und der *Xorullo* bekannt sind. Die grössten finden sich in *Quito*, unter denen der *Antisana*, der *Guancamaya*, der *Pitchincha*, der *Tungurahua*, der *Cotopaxi*, der *Sangai* und der *Carguirazo* sich furchtbar gemacht haben. In Neugranada ist wohl der *Puraze* und unter den vielen in *Chili* der *Coquimbo* am bedeutendsten. Auf den Inseln sind der Vulcan auf *Guadeloupe*, der *Pelee* auf *Martinique*, der furchtbare *Morne Garou* auf *St. Vincent* und der *Mauna-Roa* auf *Owaihi* die bedeutendsten.

Digitized by Google

§. 240. Eine eigenthümliche Klasse von Vulcanen machen die sogenannten Schlammvulcane aus, welche bloss Schlamm auswerfen.

Die eigentliche Ursache dieser Erscheinungen ist aus der Erde aufsteigendes Gas, welches Wasser und Schlamm blasenförmig in die Höhe treibt, und dadurch kleine Hügel bildet, die bei regnerischer Witterung meistens auseinander fliessen, bei trockener aber zur Höhe von einigen Fuss anwachsen. Bleiben sie eine Zeitlang verstopft, so bricht das comprimirte Gas zuletzt mit bedeutender Explosion hervor und wirft eine sehr grosse Menge Schlamm mit in die Höhe. Ueber die Beschaffenheit des ohne Mitwirkung des Feuers durch chemische Verbindungen in der Erde erzeugten und stets aufsteigenden Gases ist man nicht einig, auch scheint dasselbe nicht überall von gleicher Beschaffenheit zu seyn.

Die bekanntesten Schlammvulcane sind der *Macaluba* in Sicilien und verschiedene in Italien; die grössten befinden sich in der Crim, namentlich auf der Insel *Taman*. Ausserdem hat man sie bei *Baku*, auf der Insel *Trinidad*, auf *Java* und bei *Turbaco* unweit *Carthagena* in America gefunden.

§. 241. Eine interessante Naturerscheinung gewähren die anhaltend ruhig brennenden Feuer, welche man am frühesten in Asien kannte, später in Italien und neuerdings auch bei *Cumana* beobachtet hat. Die Ursache derselben ist stets emporsteigendes und meistens durch Zufall entzündetes Wasserstoffgas.

Zuweilen werden Steinkohlen unter der Erde zufällig entzündet, und brennen dann eine geraume Zeit ruhig fort, ohne die den Vulcanen eigenthümlichen Explosions-Erscheinungen zu zeigen. Dahin gehört unter andern das Steinkohlenflötz bei *Dutweiler*, welches bereits länger als 170 Jahre brennt. Aehnliche brennende Steinkohlenflötze sind in Böhmen bei Milsau zu St. Etienne in Frankreich, in Russland und Persien.

Digitized by Google

In Italien gibt es viele Orte, an denen das stets aus der Erde aufsteigende Wasserstoffgas mit grösserer oder kleinerer Flamme von 1 bis 6 F. hoch brennt, und nach dem Ausblasen sich bei den grösseren durch die glühenden Ränder selbst wieder entzündet; bei den kleineren aber angezündet werden muss. Man hat das Feuer zum Kalkbrennen benutzt. Sonst findet man solche brennende Orte noch in Ungarn bei *Klein-Saros* und in Frankreich nicht weit von *Grenoble*. Die bekanntesten Feuer dieser Art sind bei *Baku* auf der Insel *Abnheron* am Caspischen Meere, woselbst sich noch die Secte der Feueranbeter findet. Auch sonst an mehreren Orten in Persien und überhaupt in Asien, namentlich in Kurdistan, werden sie angetroffen. In America hat man sie bei *Cumana* beobachtet.

§. 242. Alle Arten der Gebirge, vorzüglich die Uebergangsgebirge, nur nicht die aufgeschwemmten, haben im Innern Spalten und Klüfte, welche mit einer andern, von der Hauptmasse verschiedenen, Gebirgsart angefüllt sind, und Lager oder Gänge genannt werden. Die Lager haben mit den Gebirgen selbst einerlei Streichen und Fallen, die Gänge durchkreuzen dieselben in verschiedenen, oft wechselnden Richtungen, und sind zuweilen ganz unterbrochen. Beide, vorzüglich die letzteren, enthalten die Erze, sind von grösserer oder geringerer Mächtigkeit, und rücksichtlich ihrer Entstehung höchst räthselhaft.

Häufig findet man bloss einzelne abgesonderte, von der Gebirgsart verschiedene Massen, die sogenannten *Stöcke*, hauptsächlich Salzstöcke, Steinkohlenstöcke u. s. w.

Die Gänge scheinen Risse und Spalten angefüllt zu haben, welche vorher in den Bergen vorhanden waren. Ihre Massen sind oft mit der Hauptgebirgsmasse verwachsen, zuweilen liegen sie flach an derselben an, und bilden das *Saalband*, sind von einigen Linien bis zu mehreren Lachtern mächtig, und füllen die Räume ganz aus, oder lassen in der Mitte leere, zuweilen Wasser enthaltende Räume, wohin dann die zahlreichen Spitzen der Krystalle gerichtet sind. Sie bestehen aus *Quarz* mit einigen seiner

Digitized by Google

Varietäten, aus *Kalkspath, Flussspath, Schwerspath* u. a., und heissen *edle* oder *taube* Gänge, je nachdem sie Metalle enthalten oder nicht, und werden beim Durchkreuzen durchschnitten oder verrückt. Zuweilen füllen die Erze den Gang völlig aus, meistens aber sind sie mit der Gangmasse vermengt. In aufgeschwemmten Gebirgen findet man die Metalle bloss in kleinen Körnern oder in einzelnen Bruchstücken zerstreut.

Ueber die Entstehung der Gänge hat man vorzüglich zwei Meinungen. Die *Neptunisten* nehmen an, dass die aus dem Wasser niedergeschlagene Erdrinde durch Austrocknen und sonstige Erschütterungen Risse bekommen habe, welche durch Infiltration mit der Gang- und Metallmasse erfüllt wurden. Die *Vulcanisten* dagegen hegen die Meinung, die Massen der Gänge seyen aus dem Innern der Erde durch vulcanische Gewalt und Sublimation in die Risse der Erdrinde gedrängt, oder wären aus der geschmolzenen und erkaltenden Erdrinde durch chemische Anziehung in den Spaltungen angehäuft. Dass die vulcanischen Kräfte am meisten zu ihrer Bildung beigetragen haben, ist die gegenwärtig vorzugsweise herrschende, durch viele Thatsachen unterstützte, Ansicht, nach welcher die Berge überhaupt einer Hebung von unten ihre Entstehung verdanken.

§. 243. Die Erde enthält eine unglaubliche Menge Kochsalz. Ausser demjenigen Theile desselben, welcher dem Meerwasser seine Salzigkeit gibt, findet man dasselbe in vielen Seen, in unzählbaren Salzquellen, an verschiedenen Stellen auf der Erdoberfläche und in unermesslichen unterirdischen Lagern. Die Urgebirge scheinen dasselbe nicht zu enthalten.

Verschiedene grosse Strecken werden unfruchtbar durch den Salzgehalt der Oberfläche, z. B. die Nordküste Africa's von Aegypten an, mehrere Gegenden unweit des Caspischen Meeres und die Umgegend des todten Meeres.

Die Salzquellen erhalten ohne Zweifel sämmtlich ihren Salzgehalt durch aufgelöste, in der Tiefe liegende

Digitized by Google

Salzlager. Dieser letzteren gibt es von den kleinsten Stöcken bis zu den bergähnlichen Massen. Einen solchen, zu Tage ausgehenden Salzberg findet man bei *Kallabagh* an den Ufern des Indus, einen 300 F. hohen bei *Cardonne* in Spanien, und in Asien in der Gegend des todten Meeres sind viele freistehende Salzblöcke. Vorzüglich grosse Salzlager enthalten Polen bei *Wiliczka*, Siebenbürgen, Salzburg u. a. O.

§. 244. Eben so häufig und reichlich vorhanden sind Steinkohlen, Braunkohlen und der Surturbrand auf Island. Die ersteren liegen am tiefsten, oft auf primitiven Gebirgsarten, wahrscheinlich ziemlich allgemein auf dem Erdboden, in Lagern von ungleicher Mächtigkeit. Die Braunkohlen kommen bloss in secundären Gebirgsarten und am häufigsten im aufgeschwemmten Lande vor, beide sind zuweilen vermischt und zweifelsohne ähnlichen Ursprungs.

Es gibt verschiedene Arten von *Steinkohlen*, vorzüglich Pechkohle, Stangenkohle, Kennelkohle, Schieferkohle, Blätterkohle und Glanzkohle u. a. Am häufigsten sind sie in England, wo sie bis 1000 F. unter das Meer sich erstrecken. Sogar in Grönland will man sie gefunden haben. Ihr Unterschied von Braunkohlen ist nicht leicht anzugeben. Man nimmt an, dass sie entzündet im Luftstrome des Löthrohrs wieder erlöschen.

Die *Braunkohlen* gehen von steinkohlenähnlichem bis zu kaum veränderten Holze über, und enthalten oft noch kenntliche Baumstämme und Gesträuche. Zwischen ihnen werden ganze Lager von Früchten und Blättern gefunden. Zu ihnen gehört der *Surturbrand* auf Island, welcher aus geschichteten und verwandelten Baumstämmen besteht, die in den mittleren Schichten die feine, harte und glänzende Kohle, *Gagat* genannt, enthalten. Verwandten Ursprungs sind das bituminöse Holz, der Torf, das Erdöl und Erdpech, der Bernstein, welcher am häufigsten an der Küste Preussens gefunden wird, das Retin-Asphalt und das in Derbyshire gefundene fossile *Caoutchouc*.

Digitized by Google

§. 245. Die grösste Aufmerksamkeit haben von jeher die unzählbaren Ueberreste einer früheren organischen Schöpfung auf sich gezogen, welche überall auf dem Erdboden angetroffen werden, und wegen ihrer Menge, ihrer grossen Verschiedenheit, wegen ihres Fundortes und so mancher Nebenumstände dem eifrigsten und unermüdetsten Naturforscher ein kaum zu umfassendes Feld der Untersuchung darbieten. Zur leichteren Uebersicht unterscheidet man die Ueberbleibsel der Seegeschöpfe von den Bewohnern des Landes, welche in den mannigfaltigsten, von den jetzt lebenden zum Theil verschiedenen, Arten vorkommen. Auch Vögel findet man, wiewohl verhältnissmässig selten, und die Anthropolithen sind ohne Zweifel sämmtlich aus einer neueren Zeit.

Am grössten ist die Menge der versteinerten Seegeschöpfe, vorzüglich der Conchylien. Man unterscheidet 1) *Testaceen*, worunter die *Ammoniten* gehören, welche von der Grösse einer Linse bis zu der eines Wagenrades, meistens in Kalkstein, zuweilen in Schwefel- und Kupfer-Kies verwandelt, in grösster Menge und als mannigfaltige Species vorkommen. Die *Belemniten*, *Gryphiten*, *Discolithen* u. a. gehören ferner dazu. 2) *Crustaceen*, worunter die *Echiniten* und *Encriniten* die vorzüglichsten sind. 3) *Corallien*, mit den verschiedenen Species von *Madreporiten* und *Milleporiten*. 4) *Ichthyolithen* finden sich in Menge als Abdrücke von Fischgerippen auf Schiefer. Weit schöner erhalten sind die plattgedrückten Fische in thonartigem Gesteine von der Bolca bei Verona. 5) Auch Ueberreste versteinerter Wallfische, Delphine und Seekälber hat man namentlich in Italien in sehr grosser Menge gefunden.

Mehrere Species von *Amphibien* findet man sehr allgemein, z. B. Schildkröten, Crocodile, namentlich im Petersberge bei Mastricht von ungeheurer Grösse, ebendaselbst eine fliegende Eidechse, und fossile Schlangen im Dillenburgischen.

An der Existenz der *Ornitholithen* hat man ihrer Seltenheit wegen lange gezweifelt. Indess findet man sie

Digitized by Google

in den Gypsbrüchen von *Montmartre*, auf der *Bolca*, in der Schweiz u. a. a. O.

Versteinerte Landthiere finden sich überall in Menge. Man unterscheidet 1) ganz unbekannte Arten. Dahin gehören das *Mastodonte* oder der fleischfressende Elephant, hauptsächlich am *Ohio*, das *Megatherium, Megalonyx* oder grosse Landthier aus America, welches man noch nicht genau kennt, die verschiedenen Species des *Paläotheriums* und *Anoplotheriums* von *Montmartre*, und das seltsame Thier mit einem Vogelkopfe, *Ornithocephalus* genannt. 2) Solche, deren Gattungen noch vorhanden sind. Dahin gehört das weit verbreitete, selbst im Eise der Nordwestküste von America und häufig im nördlichsten Sibirien, sogar unverweset mit Haut und wolligem Haare gefundene *Mammut*, oder der Elephant der Vorwelt, das *Rhinozeros*, der *Tapir* und *Riesen-Elen*. 3) Solche, deren Species noch vorhanden sind. Dahin gehören der *Hippopotamus*, der *Urstier*, *Schweine*, *Pferde*, insbesondere *Bären*, *Löwen*, *Tiger*, *Hyänen* u. v. a.

Im Felsen von Gibraltar, auf Corsica und an der dalmatischen Küste findet man eine Menge in Stein eingeschlossene, mit Seegeschöpfen nicht vermischte, noch wohl erhaltene Knochen, welche dort lebenden Thieren angehören und durch eine jüngere Katastrophe der Erde begraben zu seyn scheinen.

Wirkliche *Anthropolithen*, als Ueberbleibsel der Vorwelt, gibt es nicht, wohl aber incrustirte, von metallischen Substanzen und Kalksinter durchdrungene, Menschenknochen. Am vollständigsten erhalten sind die auf *Guadeloupe* gefundenen Gerippe.

Versteinerte *Insecten* gibt es in Menge, vorzüglich im Oeninger Stinkschiefer und im Bernstein.

§. 246. Vegetabilische Ueberbleibsel aus früheren Perioden gibt es in grosser Menge und von verschiedenem Alter. Ausser denjenigen, welche wir als Steinkohlen und Braunkohlen kennen, finden sich viele theils in Abdrücken, theils ganz eigentlich in eine steinige und metallische Masse

Digitized by Google

verwandelt. Ueber das Alter derselben ist schwer zu urtheilen, weil noch jetzt unter günstigen Umständen Holz leicht versteinert wird.

Abdrücke, namentlich von Farrenkräutern, findet man häufig in Schieferthon und Thoneisenstein, und sie gehören zu den ältesten urweltlichen Ueberresten. Interessanter sind die ganzen versteinerten Bäume, z. B. am *Kifhäuser* in Norddeutschland, am Niederrhein, in Africa u. a. a. O. Ganz umgewandelt, aber noch kenntlich, sind die *Frankenberger Kornähren*, der *Staarstein*, *Holzopal* u. a. Die leichte Versteinerung des Holzes zeigt sich an solchen Exemplaren (sogar alten Gerüsthölzern), welche an der einen Seite versteinert sind, an der andern noch brennen.

§. 247. Gleich merkwürdig, als das Vorhandenseyn dieser Reste einer früheren Schöpfung, sind die Bedingungen, womit dasselbe verbunden ist. Dahin gehört vor allen Dingen die ganz allgemeine Verbreitung, die ungeheure Menge mancher derselben, namentlich der Meeresgeschöpfe, die regelmässige Schichtung und Lagerung, die Höhe über der Meeresfläche, wozu sie sich erheben und die Tiefe, bis zu welcher manche reichen, die colossale Grösse der Landthiere, vorzüglich der Carnivore, die klimatische Beschaffenheit der Fundorte, und die Vermengung der heterogenen Species an ein und demselben Orte.

Man kann im eigentlichsten Sinne sagen, dass die Petrefacten überall verbreitet sind, sowohl unter der Linie als im Eise des Nordens, namentlich sogar in Grönland und Sibirien. Eine bedeutende Erweiterung erhielt die Petrefactenkunde neuerdings durch die Entdeckung *Ehrenberg's*, dass Kieselguhr, Tripel, Polirschiefer, Bergmehl und sonstige zum Kieselerde-Geschlecht gehörige Fossilien grösstentheils oder bloss aus den Panzern versteinerter Infusorien bestehen. Diese Thierchen, die noch jetzt versteinert werden, sind so klein, dass 41000 Millionen derselben auf einen Kubikzoll gehen. Unter andern gibt es bei *Ebsdorf* in der Lüneburger Heide ein ausgedehntes, 18 Fuss mächtiges Lager

Digitized by Google

einer feinen Kieselerde, die bloss aus den Ueberresten solcher Infusorien besteht. Die versteinerten Seegeschöpfe, welche im nördlichen Deutschland und in Frankreich zu ganzen Bergen aufgehäuft vorkommen, sind so wohl erhalten und so regelmässig geschichtet, dass man sie für allmälig in einem flüssigen Medio niedergesunken ansehen muss. Man hat sie in Savoyen in Höhen bis 7844 F., am Aetna bis 2400 F., auf dem Mont-Perdü bis 10000 F., auf dem Jungfrauhorn bis 12000 F., versteinerte Fische auf dem Cap bis 5000 F., die Knochen des *Mastodonte* bis 8900 F., Muscheln in America bis 13352 F., und am Himalaya Knochen von Pferden und Hirschen bis 14000 F. gefunden. Leichter erklärlich ist, dass man sie mehrere hundert, ja sogar über 1000 F. tief unter der Oberfläche der Erde antrifft.

Die Grösse mancher Knochen ist ganz unglaublich. Ein bei Canstadt gefundener Mammutzahn wog 6 Centner, der grösste der neueren Zeit aus Ceylon nur 175 Pfund; das Geweihe eines Riesen-Elen wiegt zwei Centner, und die Endspitzen stehen 14 F. von einander, und das Horn eines Urstier's von Ofleben war 2 F. 3,5 Z. lang.

Die meisten versteinerten Landthiergattungen scheinen wärmeren Klimaten anzugehören, namentlich die Löwen, Tiger und Hyänen, doch findet man noch jetzt einzeln sich verlaufende Tiger in Sibirien. Mammute, obgleich den Flephanten sehr ähnlich, können wohl für kältere Gegenden geeignet gewesen seyn, auch findet man fossile Reste von ihnen selbst im Eise an den Küsten des nördlichen Polarmeeres. Ob die vielen fossilen Bäume der nördlichern Gegenden eigentlich zu den Palmen gehören, ist neuerdings in Zweifel gezogen. Merkwürdig ist, dass man in den Höhlen, namentlich von England und Deutschland, die Knochen der verschiedensten Thiergattungen, Raubthiere und Grasfressende, grosse, mittlere und kleinere in grösster Zahl unter einander findet, welches Einige auf die Vermuthung geführt hat, dass sie sich bei einer Ueberschwemmung

Digitized by Google

hineingeflüchtet hätten, andere, dass sie von Hyänen zusammengeschleppt wären.

Eine nach historischen Beweisen nicht wohl zu bezweifelnde Thatsache ist, dass noch lebende Amphibien, als *Kröten*, *Schlangen* u. dgl. tief unter der Erde, und selbst in festen Marmorblöcken eingeschlossen, gefunden sind. Auch von Menschen bearbeitete Stücke, als gehobelte Bretter, Hacken u. dgl. hat man unter festen Gesteinen gefunden, ohne dass begreiflich ist, wie sie dahin gekommen sind.

§. 248. Vermuthlich gibt es mehrere noch unbekannte grosse Höhlen in der Erdrinde, welche durch verschiedene Katastrophen gebildet seyn können. Man kennt schon eine grosse Menge solcher Räume, welche grösstentheils durch Wasser ausgespült, theils durch Einsenkungen oder vulkanische Wirkungen entstanden sind. Sie zeichnen sich durch Tropfsteingebilde, durch Petrefacten und sonstige Merkwürdigkeiten, oft bloss durch ihre Grösse aus, und sind wegen ihrer Unzugänglichkeit bei weitem noch nicht alle genügend untersucht. Einige sind durch Arbeiten der Menschen entstanden.

Auf die Anwesenheit grosser leerer, oder mit Wasser angefüllter, Räume führt die Erfahrung, dass die Dichtigkeit der Erde an manchen Stellen, nach der Anziehung auf das Pendel zu schliessen, geringer ist, als sie seyn müsste.

Unter den aufgefundenen Höhlen sind die *Baumanns-*, *Biels-* und *Scharzfelder-Höhle* am Harze, die *Rosenmüller-* und *Gaylenreuther-Höhle* im Baireuthischen, die *Adelsberger-Höhle* bei Triest, die *Jungferngrotte* in den Cevennen, die *Grotte de notre Dame de Balme* im Delphinate und die Höhle im Berge *Cintro* in Estremadura, welche im Korkkloster endigt, am meisten bekannt. Die *Castleton-Höhle* in Derbyshire ist durch ihre Seen, Flüsse und hohen Wölbungen nebst andern in England und Schottland merkwürdig. Aus dem hohen Alterthume bekannt ist die Höhle von *Antiparos*; die *Wäkon-Tibe* oder Wohnung des grossen Geistes am Missisipi nebst einer andern bei *Levington* in Nord-

Digitized by Google

america sind dagegen durch ihre Grösse vorzüglich ausgezeichnet. In vielen findet man Petrefacten, in den meisten eben so schöne als wunderbare Gebilde von *Tropfstein*. Die *Fingalshöhle* auf der Insel Staffa ist eine eben so grosse als schauerlich prächtige Basalthöhle; Lavahöhlen aber gibt es vorzüglich auf Island, namentlich die ungemein grosse *Surthöhle*, welche aus einem unermesslichen, mit Lava bedeckten Raume besteht.

Unter die von Menschen durch Ausgrabungen und Förderung von Mineralien gebildeten gehört das aus frühestem Alterthume bekannte *Labyrinth* auf Creta, wenn dasselbe nicht grösstentheils vulcanischen Ursprungs ist, die weiten Hallen des *Petersberges* bei *Maestricht*, der *Stahlberg* bei *Siegen* und die Salzgruben von *Wiliczka*.

Aeolushöhlen nennt man solche, aus denen vorzüglich im Sommer ein kalter Luftstrom dringt. Die bekannteste, und wegen des vielen durch das Blasen der Luft gebildeten Eises berühmteste ist die bei *Szelicze* in Ungarn. Zuweilen strömen mephitische Gasarten aus der Erde, wodurch Thiere, namentlich Hunde, leicht ersticken, z. B. die *grotta del Cane* bei *Puzzuole*, eine ähnliche Höhle bei *Ribar* in Ungarn, auf der Insel *Milo*, bei *Pyrmont*, und hauptsächlich auf *Guadeloupe*.

§. 249. Ein Hauptbestandtheil der Erdoberfläche ist das Wasser. Im Allgemeinen ist die Erdrinde überall vom Wasser durchdrungen, nimmt dasselbe aus der Atmosphäre vermittelst zahlreicher Processe auf, wodurch zunächst die Quellen entstehen, welche sich nicht bloss durch ihre verschiedene Stärke, sondern auch durch die Beschaffenheit und Menge der in ihrem Wasser enthaltenen aufgelösten Bestandtheile, ihre Temperatur und sonstige Eigenschaften unterscheiden.

Theils durch die atmosphärischen Niederschläge des stets verdunstenden Wassers, theils durch Capillarattraction aus der Tiefe, theils durch den hydrostatischen Druck grosser und vieler Wasserbehälter auf der Erde ist die Oberfläche derselben fast überall feucht,

Digitized by Google

und findet sich im Niveau grosser Seen und Flüsse stets Wasser, welches zum Theil die gegrabenen Brunnen speiset. Wenn sich das Wasser der atmosphärischen Niederschläge auf einer für dasselbe undurchdringlichen Kruste ansammelt, herabfliesst, und an irgend einem Orte nach hydrostatischen Gesetzen hervordringt, so gibt dieses die *Quellen*, deren Ursprung hierdurch zugleich angedeutet ist. Sie finden sich meistens auf und an Bergen, weil diese eine feste Grundlage haben, der Schnee auf ihnen länger liegen bleibt, und die atmosphärische Feuchtigkeit an diesen kälteren Orten in verhältnissmässig grösserer Menge niedergeschlagen wird. Ihre Wassermengen sind aus leicht begreiflichen Gründen sehr ungleich.

Kein Quellwasser ist völlig rein, sondern enthält ausser einer beträchtlichen Menge meistens erst allmälig aufgenommener atmosphärischer Luft (welche jedoch etwas reicher an Sauerstoffgas ist, als die gemeine, und deren Anwesenheit man leicht an der grossen Menge kleiner Luftbläschen erkennt, die aus kaltem Wasser emporsteigen, wenn man es unter heisses giesst), hauptsächlich *Kohlensäure*, *Kochsalz*, *Kalk*, *Gyps* u. dgl., sehr häufig etwas *Erdharz* in verschiedenen Mengen. Am reinsten ist dasjenige, welches über Granit, Syenit, Porphyr, Gneis und Sandstein hinfliesst. Mehrere beigemischte Substanzen enthalten die sogenannten *mineralischen Quellen*. Im Allgemeinen sind diese kohlensäuerliche, alkalische, Stahlwasser, sodahaltige, die zahlreichen Salzquellen, Bitterwasser, Schwefelwasser, salpetrige, seifenartige, kupferhaltige, Alaunwasser und erdharzige. Die incrustirenden Quellen bedecken hineingeworfene Körper mit einem gypsartigen Ueberzuge, und die seltenen versteinernden verwandeln Holz in Stein. Aus dem Vulcane *Idienne* auf *Java* quillt Schwefelsäure.

Die *Temperatur* der Quellen ist in der Regel und bei der Abwesenheit sonstiger bedingender Einflüsse die mittlere des Ortes, wo sie entspringen. Warme und heisse Quellen erhalten ihre höhere Temperatur durch örtliche, bis jetzt noch nicht allgemein genügend er-

Digitized by Google

kannte Ursachen, meistens aber, wo nicht allezeit, durch die Wärme noch thätiger oder erloschener Vulcane. Sie steigen von wenigen Graden über der mittleren des Ortes bis zur Siedehitze, entspringen meistens aus Urgebirgen, sind hauptsächlich ein Eigenthum vulcanischer Gegenden und bilden zum Theil die prachtvollsten Fontainen. Sie finden sich überall auf der Erde, als Fontainen aber übertreffen die isländischen (*Geyser*, namentlich der grosse zu *Haukadal*, 2 Tagereisen vom *Hecla*, und der *Strockr* ebendaselbst) alle andere an Grösse und unglaublicher Pracht.

Eine eigene Merkwürdigkeit bieten die periodisch oder regellos intermittirenden Quellen dar, welche Erscheinung man mit vielem Grunde in den meisten Fällen aus dem Spiele unterirdischer Heber ableitet.

§. 250. Bei den Flüssen kommt die Menge des Wassers, welches sie liefern, die Höhe ihrer Quellen über der Mündung, die hiervon abhängige Geschwindigkeit des Fliessens und die hierdurch erzeugten Wasserfälle nebst den periodischen Ueberschwemmungen und das Versiegen mancher grosser Ströme hauptsächlich in Betrachtung.

Im Allgemeinen enthält das Flusswasser weniger Kohlensäure und Salze, als das Brunnenwasser, dagegen weit mehr vegetabilische und erdige Theile. Die Ursache hiervon liegt darin, dass das Wasser der Brunnen jene Substanzen der Erdkruste auflöst, das meiste Wasser der Flüsse dagegen, hauptsächlich aber der Ströme, aus dem schmelzenden Schnee hoher Gebirge entsteht, welches an sich rein diese ihm beigemengten Theile mechanisch fortführt.

Die grössten Flüsse sind in America, dann in Asien, dann in Africa, und die kleinsten in Europa. Man hat sich viele Mühe gegeben, die Wassermasse zu finden, welche die Flüsse liefern, und diese meistens zu hoch angenommen. In genähertem Werthe kann man die ganze Masse, welche alle Flüsse dem Meere zuführen, in einem Jahre nicht wohl höher als auf 75 geographische Cubik-

Digitized by Google

meilen schätzen, und dann würden sie die Meere erst in 20405 Jahren ganz ausfüllen. Da man die Grösse der Flüsse mit vielem Grunde dem Flächeninhalte ihrer Gebiete proportional setzen kann, weil sie das Wasser aus diesen aufnehmen, so erhält man hiernach folgende vergleichende Uebersicht:

Amazonenfluss	88,305	Don	6,088
Plata	71,665	Weichsel	3,578
Lorenzstrom	62,330	Duero	1,638
Mississippi	53,636	Tajo	1,357
Oby	63,776	Seine	1,236
Jenisei	47,001	Loire	2,378
Lena	36,483	Garonne	1,443
Amur	53,559	Po	1,410
Hoangho	33,686	Trent	0,439
Ganges	20,224	Donau	4,423
Wolga	30,154	Rhein	3,598
Nil	32,620	Weser	0,874
Senegal	25,614	Elbe	2,800
Dwina	5,890	Oder	2,072

Da die Quellen der Flüsse sehr hoch liegen, so müssten diese einen starken Fall haben, wenn ihre Geschwindigkeit nicht durch die zahllosen Krümmungen stets wieder aufgehoben würde. Ihre Bewegung beträgt daher im Mittel nur 2 bis 5 Fuss in einer Secunde. Werden sie zwischen Felsen eingezwängt, so fliessen sie geschwinder, bilden die sogenannten *Stromschnellen*, wovon der *Connecticut* das stärkste Beispiel liefert, indem auf seiner Stromschnelle Blei fortgerissen wird, und man mit einem Brecheisen nicht hineinstossen kann.

Wasserfälle gibt es viele von ungleicher Höhe und Schönheit. Die bekanntesten sind der *Staubbach* unweit Bern, 900 F. hoch, die Rheinfälle bei Schafhausen, 80 F. hoch und bei Lauffen. Grösser und schöner als die letzteren sind verschiedene in Scandinavien, namentlich der des *Glomen* bei *Sarp* in Norwegen, der zwischen Bergen und Stavangre von wenig Wasser, aber 1600 Fuss Höhe, der bei *Viigtil* unter dem Polarkreise, vielleicht 1000 F. hoch und mehrere andere. An absoluter

Digitized by Google

Höhe kommt ihnen in Europa am nächsten ein vom Berge *Marbore* in den Pyrenäen 1256 F. herabstürzender Giesbach.

Mehrere asiatische und africanische Flüsse haben grosse und schöne Wasserfälle, alle früher bekannte werden aber übertroffen durch die americanischen, unter denen sich namentlich der des *Potowmak*, des *Cohoz*, des *Genessee*, des *Passaik*, des *Connecticut*, des *Rio de Bogota* bei *Tequendama* und des Riesen unter allen, des *Niagara*, wegen seiner ungeheuren Wassermasse auszeichnet, jedoch wird auch dieser letztere noch übertroffen durch die ostindischen, namentlich des *Sarawati* in den *Gautsgebirgen* von 892 e. Fuss, des *Schervutti* von 1000 Fuss, und des *Loonse*, welcher starke Fluss über einen Felsen ungetheilt 173 F. herabstürzt, so dass der aufsteigende Dunst die Zuschauer bis auf 500 Ellen Entfernung durchnässt.

Periodische *Ueberschwemmungen* haben alle grosse Flüsse. Die bekanntesten sind die des *Nil's*, kleine zeigen der *Rhein* und die *Donau*, grössere der *Ganges*, und die americanischen Hauptströme, vorzüglich der *Amazonenfluss*. Sie werden leicht aus dem Schmelzen des Schnees auf den Gebirgen und aus den periodischen Regen erklärt.

Verschiedene der grössten Ströme versiegen zuletzt im Sande. Weniger ist dieses der Fall beim Rhein als bei den Flüssen in Africa und Neuholland. Der grosse *Oranjerivier* z. B. trägt zuweilen Kriegsschiffe, und zu andern Zeiten ist er ganz wasserleer.

§. 251. Quellen und Flüsse, welche keinen Abfluss finden, erzeugen leicht Moore, Brüche, Sümpfe und Moräste. Eine leichte, mit vielen Pflanzenwurzeln und Fasern durchwachsene Erdschicht schwimmt auf einem trüben, tieferen oder seichteren Wasser, oft in beträchtlicher Ausdehnung, trägt nicht selten niedriges Gebüsch und dient grösstentheils zu Viehweiden, zuweilen nur zur Erzeugung von Torf. In einzelnen seltenen Fällen werden die Erdschichten fortgerissen, und bilden schwimmende Inseln.

Digitized by Google

In wärmeren Gegenden sind sie der Gesundheit höchst nachtheilig, vorzüglich wenn sie süsses Wasser enthalten.

Wahrscheinlich sind manche Brüche früher mit Holz bewachsen gewesen, wie sich aus den Baumstämmen in ihnen ergibt. Am zahlreichsten sind die Sümpfe im nördlichen Europa und America, und die bekanntesten die bei *Raab* und die *Pontinischen*

Die besseren Districte der Sümpfe dienen zu Viehweiden, die meisten erzeugen vorzüglich nur *Torf*, welcher aus den Wurzeln und Fasern der verschiedenen Torfpflanzen, zuweilen mit ausländischen Seepflanzen untermischt, besteht, mitunter durch Kunst wieder erzeugt wird, und von mehr oder weniger erdharzigen Theilen durchdrungen ist.

Man hat Beispiele, dass solche Erdschichten losgerissen wurden, und *schwimmende Inseln* bildeten, welche zuweilen abwechselnd niedersinken und wieder emporkommen. Eine solche findet sich im *Gerdauer* See in Preussen.

§. 252. Die Seen, wenn sie grösser sind auch Meere genannt, haben theils süsses, theils salziges Wasser, sind von ungleichem Verhältnisse hinsichtlich des Zuflusses und Abflusses und zeichnen sich in einzelnen Fällen durch merkwürdige Eigenthümlichkeiten aus.

Die Seen sind am zahlreichsten auf der nördlichen Halbkugel. Bei weitem die meisten, vorzüglich die kleineren, haben süsses, helles Wasser, viele Salzwasser, in Europa namentlich die in Siebenbürgen; wenige haben Natron, z. B. in Ungarn, hauptsächlich aber in Aegypten; ein See in Tibet liefert Tinkal und Natron; viele Seen haben Wasser nach Art des Meeres, z. B. das *Caspische Meer* und einige sibirische, jedoch ist ihr Salzgehalt im Allgemeinen geringer. Der *Sarnoje-Osero* in Sibirien erregt durch sein schwefelleberhaltiges Wasser einen unausstehlichen Gestank, und das Wasser des *Lough-Neagh* in Irland hat die Eigenschaft, Holz zu versteinern. Das Wasser des *todten Meeres* in Palästina

Digitized by Google

(angeblich 12 Meilen lang und 2 Meilen breit) ist ein sehr bitteres Seewasser und mit vielem Bergöl vermischt, welches aus mehreren Quellen entspringt, indem das Wasser dadurch zugleich warm wird, und *Asphalt* in Menge auf der Oberfläche schwimmt. Der Salzgehalt desselben und sein spec. Gewicht ist grösser als das des Seewassers.

Das *Caspische Meer* nimmt ausser vielen kleinen noch die grossen Flüsse *Emba*, *Ural*, *Wolga*, *Kuma*, *Terek*, *Kur*, *Sefyroud*, *Aster* und *Tetschien* auf, und verliert sein Wasser haupsächlich durch Verbreitung in den Steppengegenden vermittelst der starken Verdunstung. Hierin ihm ähnlich ist der *Aral* und das *todte Meer*, in welches der *Jordan*, *Kedron*, *Arnon* und *Jared* fliessen. Auch der *Titica* in America nimmt zehn grosse und viele kleine Flüsse auf, der *Ybera* dagegen gibt vier ansehnlichen Flüssen ihr Wasser ohne verhältnissmässigen äussern Zufluss.

Der *Czirknitzer-See* in Krain ist wegen seines wechselnden Wasserstandes lange berühmt gewesen. Die Angabe von einem periodischen Wechsel ist falsch, vielmehr hat derselbe ungleichen Zufluss und Abfluss, von deren Verhältniss seine Wasserhöhe abhängt, auch trocknet er zuweilen und auf längere Zeit ganz aus.

§. 253. Zum Meere im Allgemeinen gehören die grossen Oceane, die eingeschlossenen Meere, Meerengen und Buchten. Die Ufer derselben werden durch verschiedene Ursachen vielfach verändert, die absolute Höhe desselben scheint aber stets gleich zu bleiben. Ob und wie der ungleich tief liegende Boden desselben sich verändere, ist schwer zu bestimmen.

Unter die eingeschlossenen Meere gehört vorzüglich der arabische und persische Meerbusen, das schwarze und mittelländische Meer und die Ostsee. Die Ufer sind entweder steile Felsenwände, wie vorzüglich an der Westküste von America, oder flach ansteigender Grund, wie die Küsten der Nord- und Ost-See, die meisten Ostküsten America's u. s. w.

Digitized by Google

An einigen Orten macht das Meer Eroberungen, an anderen erweitern sich die Küsten durch Sand und Schlamm der Flüsse und der See. Auf diese Weise entstehen die Dünen, im Allgemeinen aber nennt man diesen Process die Deltabildung, wegen der Gestalt des durch den Nil gebildeten Neulandes, indem dieser Fluss die genannte Wirkung am auffallendsten zeigt. Aehnliche Erzeugnisse gewahrt man an der Mündung des Po. Der Meeresspiegel ist im Allgemeinen überall gleich hoch, ausser bei eingeschlossenen Meeren, und in so weit, als die Meeresströme auf ein ungleiches Niveau schliessen lassen, wie denn unter andern das mittelländische Meer 27 Fuss niedriger ist, als der arabische Meerbusen. Auffallend ist, dass der Spiegel des Caspischen Meeres ohngefähr 16 Toisen niedriger ist, als des schwarzen Meeres, auch soll die Höhe des todten Meeres mehrere hundert Fuss niedriger seyn, als die des mittelländischen Meeres. Eine früher vermuthete allgemeine Abnahme des Meeres, welche vorzüglich aus Messungen an der schwedischen Küste gefolgert wurde, scheinen die neuesten Untersuchungen nicht zu bestätigen, welche vielmehr eine *Hebung* Skandinaviens vermuthen lassen.

Der Meeresboden, eine Fortsetzung des festen Landes, ist eben so ungleich, als dieses, und enthält eine Menge Klippen, Sandbänke, Corallenriffe, und in der Südsee vorzüglich Zoophyten, woraus ganze Inselgruppen bestehen. Die grösste gemessene Tiefe soll 1200 Lachter betragen haben, indess sind solche Messungen wegen der Unbeweglichkeit des langen Seiles an den Bleilothen bei dessen mit der Tiefe stets zunehmendem Gewichte unzuverlässig. Man setzt nach der Analogie des festen Landes die grösste Tiefe auf 12000 F. Selbst Landseen haben eine Tiefe von 300 bis 700 F.

§. 254. Das Meerwasser erhält durch die in demselben aufgelösten Substanzen einen widerlich bitteren und salzigen Geschmack, ist specifisch schwerer als Flusswasser und gefriert weniger leicht. Seine Farbe ist im Allgemeinen schwach blaugrün, erscheint aber aus örtlichen Ur-

Digitized by Google

sachen oft verschieden, und schadet seiner Durchsichtigkeit nicht wesentlich. Ueber das herrliche Schauspiel seines Leuchtens sind zwar eine Menge Erfahrungen vorhanden, allein die Ursachen dennoch kaum mit völliger Gewissheit ausgemittelt.

Der Gehalt des Meerwassers an aufgelösten Substanzen ist wegen der steten Bewegungen desselben, und der verschiedenen sich wechselseitig aufhebenden Einflüsse überall ziemlich gleich, namentlich aber macht die Tiefe keinen bedeutenden Unterschied. Im Mittel enthält dasselbe in 100 Theilen:

Salzsaures Natron	2,490
Salzsaure Bittererde	0,354
Schwefelsaure Bittererde	0,081
Schwefelsaures Natron	0,103
Schwefelsauren Kalk	0,097
	3,125

so dass man seinen Salzgehalt im Mittel zu 3,5 Procent annehmen und sein spec. Gew. zwischen 1,027 bis 1,028 setzen kann. Da das Kochsalz so allgemein über der Erde verbreitet ist, so folgt hieraus sehr natürlich, dass man dasselbe auch im Meere aufgelöset finden muss, ohne dass jedoch damit sein Ursprung erklärt wäre. Um trinkbar zu seyn muss das Seewasser durch Destillation gereinigt werden, was jedoch auf Schiffen wegen des erforderlichen Brennmaterials schwierig ist.

Beim Gefrieren des Seewassers wird das Salz ausgeschieden, und das Meereis liefert süsses Wasser. Das viele Eis der Meere wird hauptsächlich an den Küsten gebildet, zugleich aber in hohen Breiten die auf kurze Zeit ruhige Fläche ganz mit etwa einem Zoll dicken Eise überzogen, welches durch die Bewegung des Meeres bald in Eisschollen zerbricht. Ausserdem stürzen eine Menge Lawinen vom Lande in das Meer, die Flüsse liefern Treibeis, der fallende Schnee vereinigt sich zu ganzen Massen, welche durch überschüttetes Meerwasser bei hoher Kälte stets wachsen. Man hat Eisfelder von 5000 engl. Quadratmeilen und Eisberge von 16000 Millionen Tonnen beobachtet, welche wie eine zerstörte Welt einen

Digitized by Google

furchtbaren Anblick gewähren, oft in stark rotirender Bewegung sind, und leicht durch einen Schlag, einen Schall oder eine sonstige Ursache mit grosser Gefahr der Schiffe bersten.

Die eigentliche Farbe des in kleinen Massen ungefärbt und völlig durchsichtig scheinenden Meerwassers ist himmelblau oder hell gelblichgrün; durch die Färbung der Wolken und sonstiger Gegenstände erscheint es aber dunkler grün oder blau, selbst röthlich und in einzelnen Wellen tief purpurfarbig; oft ist es durch zahllose Seethierchen gefärbt. Bei den westindischen Inseln ist es bis auf 120 F. Tiefe noch sehr durchsichtig.

Eine herrliche Erscheinung gewährt das Leuchten des Meeres, welches in heissen Gegenden am stärksten ist. Es zeigt sich in leuchtenden, blitzenden Funken und einer leuchtenden Furche aller in dem Wasser bewegten Gegenstände, namentlich der Schiffe. Die Ursache liegt in einer Phosphorescenz, jedoch ist es streitig, ob diese bloss den zahllosen lebenden Thierchen eigen ist, oder auch dem Schleime, welchen dieselben erzeugen und beim Vermodern zurücklassen. Erwiesen ist wohl, dass das Leuchten hauptsächlich durch zahllose Mollusken herbeigeführt wird, welche phosphoresciren, wenn sie gereizt werden, ohne jedoch Phosphorwasserstoffgas auszustossen, wie einige annehmen wollten.

§. 255. In völliger Ruhe fault das Seewasser sehr bald. Unter seinen vielfachen Bewegungen, welche man füglich in regelmässige und unregelmässige abtheilen kann, ist keine so merkwürdig, als die Ebbe und Fluth. Sie besteht darin, dass das Meer durch die Anziehung der Sonne und des Mondes zu einer, durch mannigfaltige bedingende Ursachen modificirten, verschiedenen Höhe gehoben steigt, und nach dem Aufhören dieser Wirkung wieder sinkt, welches nach den Gesetzen der Gravitation gleichzeitig im oberen und unteren Meridiane stattfinden muss. Ausser dem hiernach täglichen und periodischen Wechsel muss noch eine monatliche Periode durch den verhältnissmässigen Stand der Sonne und des Mondes in den Quadraturen und Syzygien, und eine jährliche aus dem Ver-

Digitized by Google

hältnisse der Deklination beider Himmelskörper in den Sonnenwenden und Nachtgleichen entstehen.

Die merkwürdige Erscheinung der täglichen Ebbe und Fluth wurde zuerst durch *Newton* aus seiner Gravitationstheorie erklärt, indem er zeigte, dass vermöge der allgemeinen Anziehung die Erde und ihre Theile ein Bestreben erhalten müssten, gegen den Mond und die Sonne zu fallen, wodurch das Bestreben der Körper, nach der Erde zu fallen, oder die Kraft, durch welche sie gegen die letztere hingezogen werden, geschwächt wird. Denkt man sich also, dass die Flüssigkeiten der Erde vermöge ihrer Beweglichkeit nur dann im Gleichgewichte seyn können, wenn der ganze Erdball die Kugelgestalt hat, modificirt durch die Schwungkraft als Ursache seiner Abplattung, und stellt man sich zugleich vor, wie ein in gewisser Entfernung befindlicher Himmelskörper in der Richtung einer von seinem Schwerpunkte aus nach der Erde gezogenen geraden Linie anziehend auf dieselben wirkt, so muss die (elliptisch sphäroidische) Kugel nothwendig in der Richtung dieser Linie eine längliche Gestalt annehmen, oder das Wasser muss gleichzeitig im oberen und unteren Meridiane beim Durchgange eines solchen anziehenden Himmelskörpers durch einen von diesen beiden gehoben werden, in einer Entfernung von 90° von diesen Puncten aber einen um eben so viel niedrigern Stand erhalten. Sind Mond und Sonne diese Himmelskörper, von welchen der erstere wegen seiner Nähe (im Mittel 55000 Meilen §. 204), die letztere wegen ihrer Grösse allein einen merkbaren Einfluss haben können, so gibt jenes die Fluth, dieses die Ebbe, welche täglich zweimal wiederkehren müssen. Weil aber beide Himmelskörper nicht stets in der nämlichen Richtung auf den Erdball wirken, sich vielmehr monatlich zweimal so weit von einander entfernen, dass ihre Wirkungen sich nach dem Verhältniss ihrer ungleichen Grösse und Entfernung gegenseitig aufheben, so entsteht hieraus eine monatliche Periode. Durch die jährlich wechselnde Deklination, namentlich der Sonne, wirken sie ferner unter verschiedenen Winkeln auf jeden einzelnen Ort der

Digitized by Google

Erde, welches die jährliche Periode gibt. Endlich bedarf das Wasser einige Zeit, bis es zu der bestimmten Höhe ansteigt, wobei zugleich der Umschwung der Erde um ihre Axe in Betrachtung kommt. Der höchste Stand des Wassers fällt daher 2 bis 3 Stunden nach dem Durchgange des bei weitem am stärksten wirkenden Mondes durch den Meridian, welche Zeitdauer durch seinen Stand gegen die Sonne bedingt wird. Nach den Beobachtungen ist nämlich die Anziehung des Mondes auf das Meer = 3, der Sonne = 1. Wirken beide Himmelskörper gemeinschaftlich, also bei Neu- und Vollmond (in den Syzygien), so sind die Fluthen am höchsten, und heissen Springfluthen; heben sich ihre Wirkungen auf, also im ersten und letzten Viertel (Quadraturen), so sind sie am niedrigsten und heissen Nipfluthen. Diese Wirkung verspätet sich ohngefähr um 1,5 Tag.

Ebbe und Fluth gehören nur dem offenen Meere an, werden in ganz eingeschlossenen Meeren gar nicht, in der Ostsee, dem mittelländischen und adriatischen Meere nur geringe angetroffen, zeigen sich aber bei grossen Strömen bis tief landeinwärts. Ihre absolute Höhe im ganz freien Weltmeere beträgt nur von 12 bis 18 Zoll, steigt aber in den meisten Gegenden von 3 bis 8 Fuss. Wenn sich das Meer aber an Küsten bricht, oder in Häfen und Buchten zusammengedrängt wird, so steigt sie wohl zu 30 bis 50 Fuss, im Mittel beträgt die Nipfluth 9, die Springfluth 18 Fuss. Einen ausnehmend grossen Einfluss hat aber die Richtung und Stärke des Windes, welcher namentlich bei Flüssen und Buchten das Wasser tief landeinwärts treibt, z. B. beim Ganges, beim Amazonenfluss, bei der Newa, der Themse, der Elbe u. s. w., so dass die mehreren, vereint wirkenden, Ursachen zuweilen höchst verderbliche Ueberschwemmungen herbeiführen.

§. 256. Unter die regelmässigen Bewegungen des Meeres gehört ferner der allgemeine Weststrom. Minder regelmässig sind die zum Theil bedeutenden Meeresströme, deren einige periodisch aufhören, zuweilen auch einige Zeit

Digitized by Google

in entgegengesetzter Richtung fliessen. Nur wenige derselben erzeugen die Meeresstrudel, welche gegenwärtig der Schifffahrt weit weniger gefährlich sind als ehemals,

Der *Weststrom* (so genannt, weil man beim Wasser eine entgegengesetzte Bezeichnung als beim Winde eingeführt hat), holländisch *Dienung*, zeigt sich unter dem Aequator im grossen Oceane, indem das Wasser täglich gegen 2 bis 3 Meilen von Osten nach Westen fliesst. Auf diese Weise strömt das atlantische Meer gegen die westindischen Inseln, und eine starke Strömung zeigt sich gleichfalls in der magellanischen Meerenge und in der Strasse von Java. Ursachen dieser Strömung, welche nördlich vom Aequator nach West-Nord-West, südlich von demselben nach West-Süd-West gerichtet ist, sind der beständige Ostwind unter dem Aequator, die zweimal täglich wechselnde Fluth und die Rotation der Erde um ihre Axe, vermöge welcher das von den Polen nach dem Aequator strömende Wasser nicht sogleich die ihm mitgetheilte, von den Polen nach dem Aequator zunehmend wachsende, Rotations-Bewegung annimmt, folglich vermöge der Trägheit zurückbleibt, und daher dieser Richtung entgegen zu fliessen scheint. Ein Arm desselben fliesst dann an der brasilischen Küste hin nach der magellanischen Meerenge und durch dieselbe, ein zweiter den Antillen zu. Ein ähnlicher Strom im grossen Oceane gelangt um die Südspitzen Asiens in das indische Meer, und sendet dann einen kleineren Arm in den arabischen Meerbusen, einen grösseren um die Küste Africa's.

Meeresströme gibt es eine unglaubliche Menge von der verschiedensten Grösse, Geschwindigkeit und Tiefe, deren manche sich sogar in verschiedenen Tiefen durchkreuzen. Unter die berühmtesten gehört der *Golfstrom*, welcher durch den allgemeinen Weststrom des atlantischen Meeres nach den americanischen Küsten hin im mexicanischen Meerbusen gebildet wird, aus demselben in einer Richtung nach Nord-Ost den Küsten von Island und Norwegen zuströmt, und neben der aus dem Polarmeere in der Richtung nach Süden herabkommenden Strömung

Digitized by Google

bei Island und Spitzbergen vorbei theils dem Pole zuströmt, grösstentheils aber, östlich gewendet, die starke Strömung in der Behringsstrasse bedingt, während ein anderer Arm neben der Bai von Biscaia und der Meerenge von Gibraltar vorbei sich um Africa's Nordwestküste dem Weststrome wieder zuwendet. Er ist anfangs an seiner tief blauen Farbe und hohen Temperatur kenntlich, ein wahrer Riesenstrom, welcher den Schiffen am gefährlichsten ist, wenn der Wind ihm entgegenwehet.

Wechselnde Meeresströme sind z. B. einer zwischen den Maldiven, welcher 6 Monate östlich und eben so lange westlich fliesst.

Eingeschlossene, mit dem Ocean zusammenhängende Meere haben allezeit Strömungen; z. B. das mittelländische Meer strömt im Ganzen von Osten nach Westen, in der Meerenge von Gibraltar aber ist eine starke entgegengesetzte Strömung, welche weit in das Meer fortgeht Die Ostsee hat viele Strömungen, welche zum Theil durch die Richtung des Windes bedingt werden. Durch den Sund strömt das Wasser stark nördlich, wahrscheinlich mit einer entgegengesetzten Unterströmung, und eben so in der Meerenge von Constantinopel. Meistens darf man bei starken Strömungen in den Meerengen einen entgegengesetzten Unterstrom erwarten.

Wenn das bewegte Meer an einer Felsenküste auf eine eigenthümliche Art gebrochen oder abgelenkt wird, so entstehen *Meeresstrudel*, indem das Wasser eine kreiselnde Bewegung annimmt, und in Folge der wechselnden Seeströmung gleichfalls abwechselnd in entgegesetzter Richtung fliesst. Am bekanntesten sind der *Mahlstrom* oder Moskestrom (von der Klippe Moske so genannt) an der norwegischen Küste, und die ehemals so gefürchteten, noch jetzt gefährlichen, *Scylla* und *Charybdis*.

§. 257. Wegen stets wechselnder Ebbe und Fluth strömt das Meer an den Küsten fast beständig den Ufern zu oder von denselben weg. Ausserdem aber ist die Oberfläche des Meeres nur selten völlig eben, indem der fast nie gänzlich fehlende Wind nach seiner Stärke die kleine-

Digitized by Google

ren oder grösseren Wellen erzeugt, welche auch bei wiedererfolgter Windstille noch eine Zeitlang fortdauern und wegen ihrer unglaublichen Gewalt den Schiffen höchst gefährlich sind.

Die Wellen sind einander folgende Erhöhungen und Vertiefungen des Wassers, vorzüglich des Meeres, welche nicht als fortbewegte Wasserhügel anzusehen sind, vielmehr ihre Gestalt und ihr scheinbares Fortschreiten durch eine Bewegung der Wassertheilchen in Kreisen oder mehr und weniger gestreckten Ellipsen annehmen. Sie sind demnach fortschreitende und gehen sehr selten in stehende über, bei denen das Wasser abwechselnd in verticaler Richtung auf- und abwärts oscillirt. Anfangs erzeugt der meistens schräg herabwärts stossende Wind kleine kreiselnde Erhöhungen, bei längerer Dauer und zunehmender Stärke immer höhere Wellen, welche der erhaltenen Oscillation wegen noch eine Zeitlang nach dem Aufhören des Windes fortdauern. Sie sind kleiner in der Ostsee als im mittelländischen Meere, am längsten in den grossen Oceanen. Wo sie keinen Widerstand finden, ist ihre absolute Höhe nur 6 bis 8 Fuss, und die Tiefe, bis zu welcher das Meer unruhig ist, geht nur etwa bis zu 4 Faden, auf dem grossen Oceane erreichen sie jedoch bei heftigen Stürmen 24 F., ja in seltenen Fällen bei Orcanen 36 F. Höhe, und wühlen das Meer vorzüglich bei längerer Dauer bis zu stets wachsender, vermuthlich mehrere Tausende von Fussen erreichender Tiefe auf; über Untiefen entstehen die *Wasserwände* (barres), an Klippen die sogenannten *Brecher*, und wenn die Meereswellen gegen Felsen und zwischen enge Räume geworfen werden, so wird das Wasser bis 100 F. und höher emporgeschleudert. Auf einem sich verflachenden Ufer verlieren die Wellen allmälig ihre Kraft, über Felsen und Klippen aber und an steilen Ufern entsteht die Brandung, in welcher jedes Schiff ohne Rettung scheitert.

Digitized by Google

Anhang.

Allmälige Veränderungen der Erde.

§. 258. Unsere Erde hat viele und wesentliche Veränderungen erlitten, und erleidet sie noch täglich. Einige derselben sind geringer, betreffen nur einen kleinen Theil der Oberfläche, andere dagegen sind grösser und weiter verbreitet, noch andere aber ereignen sich so sehr allmälig und in so langen Zeiträumen, dass die bisherigen Beobachtungen kaum oder überall nicht hinreichen, sie genau zu bestimmen. Noch andere endlich scheinen die ganze Erde oder den grössten Theil ihrer Oberfläche betroffen zu haben, lassen sich aber aus den zahlreich vorhandenen Spuren derselben so schwer bestimmen, dass noch keine darüber aufgestellte Hypothese allgemeinen Beifall gefunden hat.

1) Die *Luft* und die *wässerigen Meteore* nebst dem fliessenden Wasser verändern die Oberfläche der Erde sehr bedeutend durch allmälige Auflösung und Wegspülung.

2) Die *Vegetation* schützt zwar gegen das Verwittern, allein die Wurzeln dringen in die Felsenritzen, und bewirken hierdurch, wie durch ihre Feuchtigkeit, Zerstörung.

3) Die *Winde* richten Verwüstung an, indem sie den Flugsand vor sich hertreiben, aufhäufen und ganze Districte damit überdecken. Am meisten geschieht dieses in den Wüsten von Africa und Asien, aber im Kleinen auch in Europa, z. B. in Niederbretagne.

4) Die *Madreporen* erzeugen unglaublich grosse Corallenfelsen, aus denen namentlich in der Südsee ganze Inseln und Inselgruppen entstehen.

5) In vielen Gegenden verschlingt das *Meer* grosse Strecken, in andern werden durch Dünen und Versandungen bewohnbare Orte geschaffen. Diesen ähnlich sind die Abspülungen und Versandungen durch Flüsse,

Digitized by Google

namentlich die vorzüglich beim Nil zuerst beobachtete Delta-Bildung, die sich auf ähnliche Weise beim Ganges, dem Amazonenflusse, dem Mississippi, dem Po und bei andern Flüssen zeigt.

6) Das *Eis*, die *Schneefelder* und *Gletscher* wachsen an einigen Stellen über den fruchtbaren Boden hinaus, *Schneelawinen* verschütten Flüsse, bilden dadurch Seen, und verursachen beim Durchbruche derselben grosse Ueberschwemmungen.

7) Grosse Verheerungen richten die *Bergstürze* an, indem überhaupt viel Gerölle von den Spitzen verwitterter Felsen herabfällt, Waldströme ganze Gegenden mit Schutt überdecken, und grosse Massen geborstener Berge herabstürzen.

8) Die eigentlichen *Erdfälle* oder Einsinkungen verschiedener kleinerer oder grösserer Strecken haben mit diesen Erscheinungen einige Aehnlichkeit.

9) Ob und in wie fern sich das *Klima* an einzelnen Orten während der historischen Zeit verändert habe, ist schwer aufzufinden; indess zeigen namentlich Grönland, Island und einige andere Gegenden sichtbare Spuren einer früher höheren Temperatur in den noch vorhandenen Resten ehemals dort wachsender Vegetabilien.

§. 259. Erdbeben und Ausbrüche der Vulcane, welche nicht sowohl grosse als vielmehr schauderhafte Veränderungen auf der Erdoberfläche anrichten, treffen vorzüglich die Küstenländer. Sichere Vorzeichen der Erdbeben gibt es nicht, ausser das Aufsteigen mephitischer Gasarten, welche hauptsächlich von den Thieren wahrgenommen werden, und das Hervorbrechen von Flammen aus der Erde. Meistens werden sie von einem unterirdischen Getöse begleitet, dessen Stärke der Gewalt der Erschütterungen proportional ist. Die letzteren selbst bestehen überhaupt in einer Bebung oder in einer schwingenden Bewegung, deren Gewalt und weite Verbreitung Erstaunen erregt, zuweilen in einer Erhebung und Versenkung beträchtlicher Strecken und Erzeugung grosser Spalten.

Digitized by Google

Mit atmosphärischen Erscheinungen, als ungewöhnlicher Hitze, Gewittern, Stürmen, hohem oder niedrigem Barometerstande u. dgl. treffen die Erdbeben nur zufällig zusammen, und stehen allen Erfahrungen gemäss mit ihnen in keinem Causalnexus.

Die Zahl der Erdbeben auf der Erde im Ganzen ist so gross, dass kein Jahr ohne mehrere grosse und kleine vergeht. In Europa sind *Italien*, *Sicilien* und *Island* ihnen am meisten ausgesetzt, wo sie kein Jahr gänzlich fehlen; in Deutschland, den Küstenländern der Nord- und Ost-See, Preussen, Polen und dem westlichen Russland gehören sie zu den Seltenheiten, und richten in der Regel keinen bleibenden Schaden an. Am merkwürdigsten ist das von A. 63 n. Chr., wodurch Herculanum und Pompeji untergingen; von 1693, wodurch gegen 50 Ortschaften in Sicilien zerstört wurden; von 1783, welches Sicilien und hauptsächlich Calabrien traf. Sehr bekannt ist ferner das schreckliche Erdbeben, welches 1755 einen Theil von Lissabon zerstörte.

Syrien ist von jeher durch die schrecklichsten Erdbeben heimgesucht. Die letzten waren 1822 und 1824. Noch häufiger und fast keinen Tag fehlend, wenn man auch die geringeren Erschütterungen an allen Orten des ganzen Welttheils mitzählt, sind sie in America, wo namentlich *Lima* und *Callao* 1746, *Cumana* 1766 und *Caracas* 1812 verheert wurden. Vulcanische Inseln in der Nähe der Continente sind solchen Schicksalen am meisten ausgesetzt.

Die Erdbeben setzen selbst das Meer an den Küsten in heftige Bewegung. Wie weit sie sich erstrecken, zeigte sich 1755, indem das Erdbeben, dessen Hauptsitz in Lissabon war, von Grönland bis Africa, vom griechischen Archipelagus bis nach Martinique hin verspürt wurde. Weniger die *Erzeugung* bleibender Inseln, als vielmehr die *Zerstörung* und der theilweise Untergang vorhandener sind als Wirkungen derselben anzusehen. Ihre Ursachen fallen unleugbar mit denen zusammen, welche die vulcanischen Ausbrüche herbeiführen.

Digitized by Google

§. 260. Bei den Vulcanen kommen neben den Erscheinungen ihrer Ausbrüche und der durch sie angerichteten Verheerungen noch zugleich die Art und Menge der ausgeworfenen Substanzen, die Grösse und Beschaffenheit ihrer Krater, die Lage ihrer Herde, die Ursachen ihrer Entzündung und ihrer fortdauernden Thätigkeit nebst manchen begleitenden Umständen in Betrachtung.

Von den meisten Vulcanen kennt man eine Menge Ausbrüche. Zuweilen werden durch sie ganze Berge gebildet, wie der 2000 Fuss hohe *Monte di cenere* 1538, ein Berg bei *Unalashka* 1795 und der *Jorullo* oder *Xorullo* in America 1759; zuweilen versinken andere, als 1638 ein *Pic* auf der molukkischen Insel *Timor* und 1772 ein Berg auf *Java*. Inseln werden durch vulcanische Kräfte aus dem Meeresgrunde emporgehoben, oder aus vulcanischen Substanzen aufgehäuft, versinken aber meistens bald wieder, wie namentlich die mehrmals emporgekommene und wieder versunkene Insel *Sabrina* bei den Azoren, und die 1831 unterhalb Sicilien entstandene und bald wieder versunkene *Grahamsinsel*.

Die Phänomene der vulcanischen Ausbrüche bestehen im Allgemeinen in donnerähnlichen Explosionen, verbunden mit starkem Beben der Berge (Erdbeben), Aufsteigen von dickem Rauche, worin sich bald mit heftigem Knalle eine Flamme entzündet und weiter brennt, nebst dem Auswerfen der vulcanischen Producte und Ausfliessen der Lava.

Vulcanische Producte sind: *Wasserdampf* und *Gasarten*, hauptsächlich kohlensaures und schwefligsaures Gas; *Asche* und *vulcanischer Sand* (Lapilli), deren ungeheure Menge den Tag verdunkelt und ganze Berge bildet; *Schlacken*, *Steine* von erstaunlicher Grösse, hauptsächlich Bimsstein, und vorzüglich *Lava* in grossen Strömen. Letztere fliesst als zähe, glühende Masse langsam, bleibt jahrelang heiss, verwittert schneller oder langsamer, und liefert dann mitunter einen sehr fruchtbaren Boden. Manche Vulcane werfen *Schlamm* aus, welcher wahrscheinlich in

Digitized by Google

den meisten Fällen aus Wasser und vulcanischer Asche gebildet wird. *Wasser*, selbst mit lebenden Fischen, haben americanische Vulcane ausgespieen. Endlich gehören Kochsalz, Schwefel, Salmiak und Alkalien zu den vulcanischen Producten. Die Menge aller dieser Substanzen ist meistens weit grösser, als die Berge selbst sind.

Die *Krater* der Vulcane sind sehr ungleich an Grösse und Gestalt, verstopfen sich nicht selten und werden neu gebildet, füllen sich bei erloschenen zuweilen mit Wasser und bilden tiefe Seen. Aus allem diesen ergibt sich, dass die *Herde* der Vulcane sehr tief und in ungeheuren Höhlungen befindlich seyn müssen. Sie gehen oft erweislich unter das Meer und stehen nicht selten bis auf unglaublich lange Strecken hin mit einander in Verbindung.

Zur Erklärung aller dieser Erscheinungen hat man verschiedene Hypothesen aufgestellt, deren keine aber allen Forderungen Genüge leistet, wenn gleich die durch *G. Bischof* vorzüglich vertheidigte, wonach sie Folgen der Glühhitze im Innern der Erde sind, bei weitem die wahrscheinlichste ist. Dass sie mit den Erdbeben genau verbunden sind, ist unbestreitbar. Sonst ist noch das Aufsteigen mephitischer Gasarten und Wasserdämpfe, aus denen unmittelbar Regenschauer und Gewitter gebildet werden, als begleitende Erscheinung anzusehen, auch leidet es keinen Zweifel, dass viele heisse Quellen, namentlich die isländischen, ihnen ihren Ursprung verdanken.

§. 261. Ausser diesen geringeren Veränderungen der Erdrinde hat sie weit grössere und allgemeinere erfahren, wie hauptsächlich aus dem Vorhandenseyn der verschiedenen Versteinerungen folgt, welche zu erklären man oft, aber stets vergebens, versucht hat. Die Hypothese, dass der ganze Erdball, oder mindestens seine Rinde, früher flüssig gewesen sey, kann in Gemässheit seiner runden Gestalt und Abplattung als erwiesen gelten. Ein wässerig-flüssiger Zustand ist mit bekannten Thatsachen nicht wohl vereinbar, dagegen stimmt ein feurig-flüssiger sehr gut damit überein.

Digitized by Google

Die Erklärung, auf welche Weise die Erde entstanden sey, und durch welche Veränderungen sie allmälig ihre jetzige Beschaffenheit erhalten habe, macht das Object der *Geologie* aus. Von der Beantwortung der ersteren Frage ist man bereits gänzlich zurückgekommen, aber auch die letztere befriedigend zu beantworten, scheint dem menschlichen Scharfsinne unmöglich. Es ist daher ohne Zweifel dem Standpunkte und der Bestimmung des Menschen am angemessensten (§. 4), wo das Wissen aufhört, sich zum Glauben zu wenden, und bei stets fortgesetzter unermüdeter Erforschung der Thatsachen, ihres Zusammenhanges und ihrer Gesetze, im Allgemeinen anzunehmen, dass auch unser Wohnort als Theil des unermesslichen Weltalls durch die Allmacht des höchsten Wesens entstanden, und durch verschiedene uns unbegreifliche Katastrophen zum Wohnsitze lebender und denkender, ihn selbst dankbar verehrender, Wesen gestaltet sey

Nach dem ersten, in unmessbar entfernter Vorzeit liegenden, Erstarren der Erdkruste muss diese sich allmälig abgekühlt haben, und für zunehmend feiner organisirte Geschöpfe bewohnbar geworden seyn, wie aus den über einander gelagerten Schichten der Petrefacten hervorgeht, die mit zunehmender Höhe einem milderen Klima angehören. Seit der historischen Zeit hat sich die mittlere Temperatur der Erde nicht geändert, denn sonst müsste auch ihre Rotationszeit sich geändert haben, die aber seit *Hipparch's* Zeiten, also seit 2000 Jahren, um kein Hundertstel einer Secunde weder zugenommen, noch abgenommen hat

3) Atmosphärologie.

§. 262. Die Luft, oder atmosphärische Luft, welche unsere Erde umgibt, gehört ihr als verhältnissmässig dünne Hülle an, nimmt an ihrer Axendrehung Theil, und bewegt sich mit ihr im Weltraume. Sie wird nach oben stets dünner, ihre Grenze aber ist schwer zu bestimmen.

Die Atmosphäre, eine die Erde umhüllende Dunstkugel (ἀτμὸς und σφαῖρα), besteht aus der sogenannten Luft oder

Digitized by Google

atmosphärischen Luft, deren wesentliche Bestandtheile 0,79 Stickgas und 0,21 Sauerstoffgas dem Volumen nach sind, und welche ausserdem etwa 0,001 Kohlensäure, eine veränderliche Menge Wasserdampf und verschiedene zufällig beigemischte Substanzen enthält.

Wegen der Centrifugalkraft, als Folge der täglichen Umdrehung der Erde, ist sie unter dem Aequator höher, doch weicht das Verhältniss ihrer Axen wenig von dem der Erdaxen ab (§. 219). Da sie nach dem Mariotte'schen Gesetze (§. 52) mit zunehmender Höhe stets dünner wird, so müsste sie hiernach zuletzt unendlich dünn werden oder unbegrenzt seyn. Sie kann aber, weil die zu weit entfernten Theile vermöge der Schwungkraft sie verlassen müssten, nicht höher als 6,6 Erdhalbmesser oder 5672,7 Meilen seyn. Da sie aber in 45 Meilen Höhe schon 75 billionenmal dünner seyn müsste, als an der Oberfläche, mithin in dieser Höhe nach unsern Begriffen keine eigentliche Luft mehr wäre, so geht jene Angabe weit über dasjenige hinaus, was wir suchen.

Aus andern Gründen berechnet man ihre Höhe weit richtiger zu etwa 28 Meilen. Sie wird aber in einer Höhe von 7,43 Meilen schon dünner, als in Campanen, welche mit unsern besten Luftpumpen exantlirt sind, und hört auf das Licht zu brechen in einer Höhe von kaum 10 Meilen. Diese Höhe, in welcher die aus der lichtbrechenden Kraft der Luft gefundene Dichtigkeit derselben mit der aus dem Mariotte'schen Gesetze folgenden genau übereinstimmt, kann auf folgende Weise gemessen werden. Es sey Fig. 45 c das Centrum der Erde, $ehfd$ ein Bogen ihrer Oberfläche, sh ein von der Sonne ausgehender Lichtstrahl, welcher die Erde in d berührt, und von a als höchstem reflectirenden Lufttheilchen auf die Erde zurückgeworfen wird, so ist $bad = 180° - 2u$, also $2u = hab$. Es ist aber bei der Kleinheit von asb der Winkel $hab = abs =$ der Neigung der Sonne unter dem Horizonte bei den letzten Spuren der Abendröthe, nach astronomischen Berechnungen $= 18°$, und die Strahlenbrechung zu $33'$ angenommen $= 17° 27'$; mithin $u = 8° 43',5$, und wenn das gemischtlinige Dreieck

Digitized by Google

$a\,b\,f$ wegen der Kleinheit des Erdbogens $f\,b$ als geradlinig angenommen wird, $a\,f$ oder die Höhe der Atmosphäre bis an den höchsten, das Licht brechenden Punkt $= b\,f \times tang.\ \frac{1}{2}\,u$. Nimmt man der Krümmung wegen $\frac{1}{2}\,u = 4°\ 22'$, so gibt die Rechnung, wenn die Länge eines Grades 57008 Toisen beträgt (§. 219), $a\,f$ sehr nahe = 38018 Toisen oder fast 10 Meilen. Die Höhe bis dahin beträgt nur $\frac{1}{866}$stel des Erdhalbmessers, und die Dichtigkeit der Luft daselbst nach dem Mariotte'schen Gesetze nur 0,000156 derjenigen, welche sie an der Erdoberfläche hat.

Wenn man annimmt, dass da keine Luft mehr existiren kann, wo alle Wärme aufhört, wenn man ferner diesen Punct, den absoluten Nullpunct der Wärme (§. 84), bei — 266,67 C. setzt, und für eine Erhebung von 600 Fuss eine Wärmeabnahme von 1° C. rechnet (§. 231), so kann unter dem Aequator, die mittlere Temperatur daselbst zu 25° C. angenommen, die Luft nicht höher als $(266{,}67 + 25) \times 600$ F. = 175002 par. Fuss oder 7,66 Meilen hoch seyn. Alle diese Grössenbestimmungen sind aber sehr ungewiss.

§. 263. Die Atmosphäre ist der Sitz der zahlreichen meteorischen Erscheinungen, welche allgemeines Interesse erregen. Vorausbestimmungen derselben, oder des Ganges der Witterung, werden von gründlichen Physikern immer mehr für unmöglich gehalten, da man sich überzeugt hat, dass die Fixsterne und Planeten gar keinen, der Mond nur einen sehr geringen Einfluss darauf ausüben, die anderweitigen Bedingungen aber viel zu zahlreich und unbestimmt sind.

Man nimmt *Atmosphärologie* und *Meteorologie* meistens für gleichbedeutend, und bedient sich ausserdem der Ausdrücke: *Meteorognosie* und *Meteoromantie*.

Dass die Fixsterne und Planeten keinen Einfluss auf die Witterung haben können, folgt nicht bloss aus der Erfahrung, sondern auch theoretisch aus ihrer Entfernung und aus der möglichen Höhe ihrer Atmosphären. Der Mond, welcher jeden Tag um die Erde läuft, folglich einen stets regelmässigen Einfluss ausüben müsste, zeigt

Digitized by Google

diesen wirklich in der Ebbe und Fluth. Da sein Licht aber nicht wärmt, eine Atmosphäre ihm überhaupt fehlt, oder nur sehr niedrig ist, mithin auf keine Weise bis an die der Erde reicht, so kann sein Stand gegen die Sonne oder der sogenannte Mondwechsel ausser der §. 255 angegebenen Modification der durch ihn hauptsächlich erzeugten Ebbe und Fluth und einer dieser ähnlichen, auch zugleich zum Theil daraus folgenden, sehr geringen täglichen Schwankung der Atmosphäre gar keinen Einfluss auf die Witterung haben, so hartnäckig dieses Vorurtheil von Unkundigen auch gegen alle Theorie und Erfahrung vertheidigt wird. Der neuerdings behauptete, in einzelnen Fällen unmerkliche, aus vieljährigen Beobachtungen abgeleitete Einfluss des Mondenlichtes auf die Vermehrung der wässerigen Niederschläge könnte sonach bloss als eine Folge der geringen erwärmenden Kraft dieses Trabanten angesehen werden, und da auch dieses unwahrscheinlich ist, so dürfen wir ihn vielleicht als eine Folge der geringen, durch ihn erzeugten Anziehungen und hieraus hervorgehenden Verdünnungen des Luftmeeres betrachten.

Die Regeln, wonach sich die Witterung vorausbestimmen lässt, sind sehr zusammengesetzt und durch Oertlichkeiten bedingt, können daher nur durch anhaltende Beobachtung vieler, im Einzelnen unbedeutend scheinender, Umstände gefunden werden, weswegen Schäfer, Fischer, Jäger u. dgl. die besten Wetterpropheten sind.

§. 264. Das Barometer ist zwar kein eigentliches Wetterglas (§. 53.), aber dennoch das vorzüglichste meteorologische Werkzeug, indem es durch seine Veränderungen die in der Atmosphäre stattfindenden Schwankungen anzeigt. Die Veränderungen desselben sind theils regelmässige, theils unregelmässige und die letzteren in höheren Breiten am stärksten.

Man kann nicht sowohl annehmen, dass ein *höher* Barometerstand auf *heiteres* Wetter deute, als vielmehr, dass starke und schnelle Veränderungen auf veränder-

Digitized by Google

liche Witterung schliessen lassen; mit grösserer Sicherheit aber gehört für Deutschland ein niederer Barometerstand den südlichen und westlichen, ein hoher dagegen den östlichen und nördlichen Winden an, woraus sich indirect auf die Witterung schliessen lässt. Zur Bestimmung des mittleren Barometerstandes werden, hauptsächlich in nördlichen Gegenden, lange dauernde Beobachtungen erfordert, und durch diese lernt man auch allmälig am besten von den Veränderungen des Barometers auf die Witterung schliessen.

Unter dem Aequator, und fast überhaupt zwischen den Wendekreisen, vorzüglich auf der See, gibt es fast nur regelmässige, eine oder wenige Linien betragende, Veränderungen des Barometers, indem dasselbe des Morgens und Abends nach 9 Uhr den höchsten, Nachmittags und Nachts, etwa um 3 Uhr, seinen niedrigsten Stand hat. Diese regelmässigen Veränderungen nehmen zwar mit der Zunahme der Breiten ab, und verschwinden unter 75° N. B. gänzlich, sind aber in Deutschland noch wahrnehmbar, und begründen die Witterungsregel, dass beständiges Wetter angedeutet wird, wenn das Barometer um 9 Uhr Morgens anhaltend seinen höchsten Stand hat. Man muss es als eine Folge der Einwirkung der Sonne und der durch sie erzeugten Wärme ansehen, ein Einfluss des Mondes dagegen ist kaum wahrnehmbar.

Die unregelmässigen Veränderungen des Barometers nehmen mit den höheren Breiten zu, und gehen in Deutschland bis zu einem Unterschiede des Barometerstandes von 2 Zoll, jedoch scheint diese Regel nur bis zum Polarkreise gültig zu seyn.

§. 265. Die verschiedenen, durch ungleiche Erwärmung der Erde und der Luft entstehenden, durch mannigfaltige Ursachen modificirten Fluthungen in der Atmosphäre nennt man Winde, und unterscheidet regelmässige und veränderliche. Zu den ersteren gehört hauptsächlich der Passatwind, dann die Moussons und die sogenannten Land- und Seewinde.

Digitized by Google

Die Richtung des Windes bestimmt man am besten vermittelst der gemeinen *Windfahne*, welche indess so viel mehrere Grade eines Kreises durchläuft, je heftiger die Stürme sind. Ausserdem herrschen sehr oft in verschiedenen Höhen sehr ungleiche Richtungen der Winde, wie namentlich die Züge der Wolken zeigen, doch behält der höchste meistens die Oberhand. Je näher an der Oberfläche, desto wellenartiger und unterbrochener wird der Wind, dessen Richtung keineswegs stets horizontal, vielmehr häufig herabgehend und zuweilen auch aufsteigend ist.

Winde entstehen ursprünglich durch partielle Erwärmung von Luftmassen, die dadurch ausgedehnter und leichter werden, mithin aufsteigen, und andere in diesen Raum eindringen lassen. Die Kraft des Windes ist dem Quadrate seiner Geschwindigkeit proportional; letztere aber beträgt bei gelindem Winde ohngefähr 12 Fuss in einer Secunde, bei stärkerem etwa 40 Fuss, beim Sturmwinde 60 bis 80 Fuss, und 120 bis 150 F. erreicht selten der stärkste Orcan. Meistens fängt derselbe da an, wohin er wehet, oder seine Richtung ist negativ

Unter dem *Passatwinde* versteht man den vorzugsweise auf dem Ocean herrschenden schwachen, nur eine Geschwindigkeit von etwa 12 Fuss in einer Secunde erlangenden, Ostwind der äquatorischen Zone, welcher an der nördlichen Grenze nordöstlich, an der südlichen südöstlich wehet, weswegen man den Nordostpassat der nördlichen und den Südostpassat der südlichen Halbkugel unterscheidet. Zwisschen beiden liegt die 2 bis 5 Grade einnehmende Zone der Windstillen, wo auch veränderliche, mit Regen verbundene, Winde herrschen. Die Ursache dieser regelmässigen Luftströmung liegt im täglichen Umlaufe der Sonne, wodurch die dortigen Luftschichten erhitzt werden, in die Höhe steigen, und die kälteren, von den Polen herströmenden, eindringen lassen, welche letztere, eben wie das von den Polen dem Aequator zuströmende Meerwasser (§. 256), die grössere Schwungbewegung der um ihre Axe rotirenden Erde

Digitized by Google

nicht sogleich annahmen, und daher eine dieser Richtung entgegengesetzte erhalten. Daher gehen beide, zusammt der Zwischenzone, nach dem Stande der Sonne mehr nach Süden und Norden, und werden ausserdem durch Lage und Richtung der Küsten, wie auch auf dem Lande durch örtliche Erwärmungen und grosse Bergzüge bedingt.

Die *Moussons*, welche an den Küstenländern grosser Oceane, vorzüglich des indischen Meeres, mit den Jahreszeiten wechselnd periodisch wehen, werden hauptsächlich durch die Erwärmung grosser Landstrecken durch die Sonnenstrahlen und die veränderte Richtung der Passate erzeugt. Zu ihnen gehören auch die *Etesien*, *Chelidonien* und *Ornithien* der Griechen. Ungleiche Erwärmung erzeugt ferner die in grossen Meeren bei Tage nach den Küsten, bei Nacht von ihnen herwehenden sogenannten Land- und See-Winde, auch kann man die in mittleren und selbst höheren Breiten oft sehr anhaltenden Nordost- und Ost-Winde der Frühlinge unter die beständigen zählen.

§. 266. Bei weitem am zahlreichsten sind die in höheren Breiten herrschenden veränderlichen Winde. Sie unterscheiden sich wesentlich durch kürzere Dauer, häufigen Wechsel und eine nicht selten bis ins Unglaubliche steigende Gewalt. Zugleich kann man ihre mannigfaltigen Ursachen nur mit Mühe und in jedem einzelnen Falle überhaupt nicht auffinden.

Hauptsächlich sind die Küstengegenden ihnen ausgesetzt, und nicht selten vereinigen sie sich aus entgegengesetzten Richtungen. Häufig begleiten sie die Gewitter, und sind zuweilen eine Folge schneller örtlicher Abkühlungen und starker wässeriger Niederschläge aus der Atmosphäre, im Ganzen aber der vielfach modificirten allgemeinen Strömung der kalten Polarluft zum Aequator und des Rückfliessens der hiernach daselbst aufsteigenden, nach den Polen hin zurückkehrenden heisseren Luft.

§. 267. Die sogenannten heissen Winde sind nicht sowohl wegen ihrer Stärke, als vielmehr wegen der erstickenden Hitze, der Trockenheit und des aufgewirbelten

Digitized by Google

Sandes für Menschen unangenehm, für Vegetabilien zerstörend. Am bekanntesten sind der Harmattan, Sirocco, Chamsin und Samum.

Bloss in den sehr heissen tropischen Gegenden von Africa und Asien herrschen die genannten Winde, auch trifft man ähnliche auf Neuholland. In America fehlen sie wegen der Nähe der See, der hohen Berge und der Wälder.

1) Der *Harmattan* wehet in kurzen Perioden auf der Westküste von Africa, vorzüglich in Senegambien, ist sehr trocken und wegen des mitgeführten feinen Staubes höchst lästig.

2) Der *Sirocco* in Sicilien und Italien, in der Provence als *Mistral*, in Spanien als *Solano* bekannt, und selbst bis nach Deutschland fortgehend, wo er namentlich als *Föhn* diesseits der Alpen herabsinkt, kann als eine Fortsetzung des Harmattan angesehen werden. Weniger trocken und heiss äussert er eine höchst erschlaffende Wirkung auf den animalischen Organismus, ohne den Vegetabilien nachtheilig zu seyn.

3) Der *Chamsin*, von *Chamsin-Iaum* der Kopten, den 50 Tagen nach den Nachtgleichen, wehet periodisch in der genannten Zeit 2 bis 3 Tage anhaltend in Aegypten, und ist ebenfalls heiss und mit feinem Staube überladen.

4) Bei weitem als der furchtbarste wird der *Samum*, *Semum*, *Smum* (Gift) der Araber oder *Chàmielé* (Wind von Syrien, richtiger *Samiel* von *Sam*, Gift und *Yel*, Wind) der Türken, wegen seines schrecklichen Einflusses auf lebende Wesen geschildert. Nach älteren Reisenden soll er nur wenige Minuten anhalten, von Kameelen, Elephanten und andern Thieren vorher empfunden werden, bei Nacht nicht wehen, und auf dem Wasser, so wie an Orten, die mit Vegetabilien bewachsen sind, seine Kraft verlieren. Er wehet in Arabien, Syrien und Mesopotamien, und ist nach neueren Reisenden, namentlich *Burckhardt*, nichts weiter, als ein heisser Wind der Wüste, den vorhergenannten völlig gleich, die nur dem Namen nach verschieden sind. Die Uebertreibungen

Digitized by Google

rühren von den Caravanenführern her, die dadurch gewinnen und vom Reisen abschrecken wollen. Hiernach ist es unnöthig, nach besonderen Ursachen seiner Schädlichkeit zu suchen, da sie bei ihm, wie bei allen, in der Hitze und dem Sandstaube liegen. Heisse Winde gibt es auch an der Südspitze Ostindiens, am merkwürdigsten aber sind die in Neuholland, die von den blauen Bergen kommen. Die Ursache ihrer tödtlichen Wirkungen liegt vielleicht in aufgenommenen giftigen Dünsten, doch sind die Berichte mancher Reisenden sicher übertrieben.

Kalte, das Zerspringen der Haut bewirkende, Winde gibt es hauptsächlich auf den Bergen von Tibet und in dem östlichen Theile der Wüste Cobi.

§. 268. Das Wasser auf der Erdoberfläche wird durch die Wärme stets in Dampf verwandelt und die Atmosphäre mehr oder minder mit diesem Wasserdampfe gesättigt. Wird die Luft abgekühlt, so entstehen durch den Niederschlag desselben die verschiedenen wässerigen Meteore. Als verdichteten Wasserdampf kann man auch die Wolken ansehen, welche hinsichtlich der Höhe, Ausbreitung und Dichtigkeit sehr verschieden sind.

Die Verdampfung des Wassers ist eben so stark als unausgesetzt, indem selbst das Eis stets verdunstet. Sie zu messen bedient man sich der *Atmidometer*, welche aber bis jetzt noch nicht in genügender Vollkommenheit erfunden sind. Der ungenügenden Messungen ungeachtet weiss man indess, dass sie stark genug ist, um die verschiedenen Hydrometeore zu erklären.

Die *Wolken* sind eigentlich hohe, zuweilen abgesonderte, Nebelschichten und Haufen. Sind sie sehr dünn, so wird die ganze Atmosphäre milchig und trübe. *Howard* unterscheidet sieben verschiedene Arten, nämlich: *Cirrus*, die Locken- oder Federwolke, *Cumulus*, die Haufenwolke, *Stratus*, die Nebelschicht, die zwischen beiden liegenden *Cirrocumulus* und *Cirrostratus*, desgleichen *Cumulostratus*, und endlich *Cirrocumulostratus* und *Nimbus*, die Regenwolke. Wolken gehen oft so niedrig, dass sie die Spitzen der 500 bis 1000 Fuss

Digitized by Google

hohen Berge berühren, sonst kann man die Höhe derselben zwischen 3000 bis 24000 F. und darüber annehmen. Ihre Ausdehnung, Farbe und Bewegung ist sehr verschieden und stets vielfach wechselnd.

§. 269. Durch die Abkühlung des Wasserdampfes der Atmosphäre entsteht in Gemässheit der verschiedenen modificirenden Bedingungen Thau, Nebel, Regen, Reif und Schnee. Der sogenannte Mehlthau oder Honigthau ist kein atmosphärischer Niederschlag, eben so wenig der Höhrauch oder trockne Nebel, und auf keinen Fall der sogenannte fliegende Sommer.

Der feinste, nur selten die Luft etwas trübende, Niederschlag ist der *Thau*, welcher dadurch entsteht, dass die in der wärmeren Luft enthaltene Feuchtigkeit sich an die mehr erkalteten Körper anlegt, welche letztere ihn daher in so grösserer Menge annehmen, je leichter und schneller sie erkalten, am wenigsten blanke Körper. Zur Bestimmung seiner Menge dienen die bis jetzt noch sehr unvollkommenen *Drosometer*; er besteht aber aus reinem Wasser mit etwas aus der Luft aufgenommener Kohlensäure.

Verwandelt sich der feine Niederschlag in Wolken, welche die Erde berühren, so nennt man dieses *Nebel*, dessen Aehnlicheit mit dem Thaue auch darin besteht, dass beide Processe Regen verkündigen, wenn sie durch die Bewegung der Luft unterbrochen werden, und die Feuchtigkeit in die Höhe steigt. Am stärksten sind die Nebel über grossen Flüssen, wenn die Temperatur der letzteren höher ist als die der Atmosphäre, und an den Küsten der Meere. Ihnen ähnlich sind die einzelnen Nebelwolken an Bergen, das sogenannte *Rauchen der Berge* bei regnerischer Witterung, welches aus örtlicher Wärme-Entziehung erklärt wird.

Durch die Vereinigung der atmosphärischen Dunstpartikelchen zu Tropfen entsteht der *Regen*, bei dessen Bildung durch Verwandlung des Wasserdampfes in tropfbares Wasser und Verminderung der Temperatur durch die gehemmte Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche das Volumen der Luftmasse verringert

Digitized by Google

wird, weswegen die höheren kälteren Luftschichten eindringen, den Process des Niederschlages vermehren und zugleich bedeutende Luftströmungen verursachen. Nach der Grösse der Tropfen und der Ausbreitung des Processes unterscheidet man *Staubregen, Landregen, Strichregen* und *Platzregen*. Der *glätteisende* Regen macht keine eigene Art aus, sondern fällt aus wärmeren Luftschichten auf den kalten, sein Gefrieren bewirkenden Boden, und ist daher ein sicheres Zeichen bevorstehenden Thauwetters.

Die *Tropfen* sind in kälteren Zeiten und Gegenden klein, in den Tropengegenden wohl bis 1 Zoll dick, fallen selten lothrecht, sondern des Windes wegen schief herab, und bringen, vermöge des Widerstandes der Luft, durch ihren Fall nur einen geringen Effect hervor. Das *Regenwasser* ist im Allgemeinen rein, enthält nur selten nach anhaltender Dürre und nach starkem Blitzen etwas *Salpetersäure* und *salzsauren Kalk*, und wirkt wohlthätig auf die Vegetation theils durch seine Menge, theils durch die begleitende Trübung des Himmels und Feuchtigkeit der Luft, welche das Einsaugen in die feinen Gefässe der Pflanzen gestatten. Der Glaube an das Regnen der Frösche beruhet auf einer Täuschung, indem diese Thiere, durch Feuchtigkeit angelockt, hervorkriechen. Indess werden viele Substanzen durch Wirbelwinde mechanisch fortgerissen, und fallen mit dem Regen herab, als Frösche und Fische, Raupen, Krabben, vorzüglich Blüthenstaub (der sogenannte Schwefelregen), Knollengewächse und Korn, zuweilen erdige Substanzen und Schlamm.

Reif ist gefrorner Thau oder Nebel. *Schnee* entsteht, wenn der Niederschlag der Atmosphäre bei seiner Bildung zu krystallinischen Figuren gefriert, die sich mannigfaltig übereinander legen und dadurch die vielfach gestalteten Flocken bilden, an denen aber die Krystallform der in Winkeln von 60° vereinigten Nadeln stets sichtbar bleibt. Der feine, pulverartige, Schnee der Polargegenden, *Staubschnee* genannt, ist sehr locker, fällt bei heiterem Himmel und hellem Sonnenscheine oft

Digitized by Google

in grosser Menge, und ist den Reisenden gefährlich. Der berühmte *rothe Schnee* der Alpen, Pyrenäen und Grönlands, ist durch kleine Saamenkörner und kryptogamische Gewächse gefärbt.

Mehlthau oder *Honigthau* ist ein süsser Saft, welchen die, zuweilen durch den Einfluss der Witterung erkrankten, Gewächse ausschwitzen, in welchem sich dann Blattläuse erzeugen, deren süssliche Excremente von den Ameisen begierig gesucht werden.

Der sogenannte *Höhrauch, Sonnenrauch, Landrauch, Heerrauch, Heiderauch, trockner Nebel*, hat grosse Aehnlichkeit mit dem Nebel über grossen Städten. In einigen Fällen mag der geringere durch die in der Atmosphäre vorgehende Vereinigung solcher fortgerissener Substanzen erzeugt werden, der bekannte von 1783 war aber ohne Zweifel eine Folge der vulcanischen Auswürfe auf Island; meistens ensteht derselbe durch das Verbrennen von Wurzeln und Fasern der Pflanzen beim sogenannten Moorbrennen. Eben so weiss man jetzt sicher, dass der *fliegende Sommer* im Herbste und Frühlinge durch eine Art wandernder Spinnen erzeugt wird.

§. 270. Der schönste und auffallendste atmosphärische Process ist das Gewitter, dessen Entstehung aus der starken Anhäufung der Elektricität in den oberen Regionen und aus einer Vereinigung derselben beim schnellen Niederschlage der Dämpfe erklärt werden kann. Das Wetterleuchten ist als eine verwandte Erscheinung anzusehen, bei dem Gewitter selbst aber verdienen die Wolken, der Blitz und der Donner eine nähere Berücksichtigung.

Durch den Einfluss der Sonnenstrahlen und der Wärme, hauptsächlich aber die hierdurch erzeugte Verdampfung, wird die Atmosphäre und der in ihr vorhandene Wasserdampf positiv elektrisch in einem mit der Wärme des Tages zunehmenden Grade der Spannung, wodurch dann die Erde negativ elektrisch werden muss. Wird der Dampf in den Wolken vereinigt, so häuft sich die Elektricität in denselben an, und wird durch fort-

Digitized by Google

gesetzten Niederschlag stets neu erzeugt. Ist die Spannung der Elektricität geringer, und verbreitet sich diese von einer Wolke in die andere, oder entladet sie sich durch einen blossen Lichtschein, so entsteht das *Wetterleuchten;* bei vorhandener grösserer Menge geht der elektrische Funke selten zu einer andern Wolke, meistens zur Erde über, und erzeugt den Blitz, welcher stillstehend einem Feuerballe gleichen würde, durch seine grosse Geschwindigkeit aber einen Strahl bildet, in seltenen Fällen als grosse Feuermasse auf die Erde fällt.

Das Elmsfeuer (*Castor et Pollux, ignis ex acuminibus*) ist ein Ausströmen angehäufter Elektricität aus Spitzen, oder ein Einströmen in dieselben, oft von unglaublicher Stärke und zuweilen von beträchtlich langer Dauer. Als unmittelbare Folge des Durchbrechens der Luft und anderer Gegenstände erzeugt der Blitz nur einen Knall, ein Prasseln; das Rollen des Donners ist aber eine Folge der Bebungen der Erde, und fällt daher auf der See und hohen einzeln stehenden Bergspitzen meistens weg.

§. 271. Den Gewittern verwandt und oft mit ihnen verbunden ist der Sturmwind und die eigenthümliche Art desselben, welche Wasserhosen und Landtromben, beide auch *Wettersäulen* genannt, erzeugt, desgleichen heftiger Regen mit Schlossen und Hagel. Unter die vorzüglichsten Wirkungen des Blitzes gehört das mechanische Zerschlagen vieler Gegenstände, das Schmelzen der Metalle, das Zünden und das Tödten der Menschen und Thiere.

Es ist ohne Zweifel in Folge elektrischer Mitwirkung, dass häufig die Luft an einzelnen Orten und nicht selten bei sonstiger allgemeiner Windstille in eine schnell kreiselnde Bewegung gesetzt wird, und dann im Kleinen als Wirbelwind Staub, Heu und andere leichte Sachen aufhebt und oft in beträchtlicher Höhe fortführt, im Grossen aber *Landtromben* bildet, welche Bäume ausreissen, Häuser umstürzen, die schwersten Sachen fortführen, und ihre Wuth nur an starken Mauern und an Bergen brechen.

Digitized by Google

Auf dem Meere und auf grossen Flüssen entstehen aus gleichen Ursachen die eigentlichen *Wasserhosen*, deren *süsses* Wasser der stark wallenden Bewegung des Meeres unter ihnen ungeachtet höchst wahrscheinlich atmosphärischen Ursprunges ist.

Die Menge des Regens bei Gewittern ist oft unglaublich, doch geben in mittleren Breiten auch die stärksten selten mehr als 1,5 Zoll. Sie heissen dann *Platzregen*, und wenn sie noch heftiger sind, *Wolkenbrüche*, meistens mit Hagel verbunden, welchem in der Regel nur wenige dicke Regentropfen vorangehen. Meistens bilden die schmalen, nur kleine Strecken zerstörenden, Hagelwolken kenntliche weisse Streifen in den schwarzen Gewitterwolken, und machen sich schon von der Ferne her durch ein eigenes Rauschen bemerklich, bewegen sich schnell und kündigen sich durch unaufhörliche Blitze mit minder heftigen Donnerschlägen an. Die kleinste Art von Hagel nennt man *Graupeln*, kleine weisse Körner etwa von der Grösse einer Erbse, welche vorzüglich im April fallen und aus zusammengesinterten Schneeflocken entstanden zu seyn scheinen. Die eigentlichen Hagelkörner (an einigen Orten *Kiese*, häufiger auch *Schlossen* genannt) sind rundliche Eisstücke mit einem charakteristischen weissen Kerne in der Mitte, von der Grösse einer grossen Erbse bis zu der einer geballten Mannsfaust, und in seltenen Fällen noch darüber; doch bestehen die letzteren meistens aus mehreren zusammengefrorenen kleineren. Nur in einzelnen wenigen Fällen sollen klare Eisstücke als Hagel niedergefallen seyn.

Man glaubte ehemals, das Tageslicht sey zur Bildung des Hagels nothwendig, allein er fällt, obwohl selten, auch bei Nacht. Ueber die Ursachen seines Entstehens ist man noch nicht einig, weil er in hoher Kälte gebildet werden muss, und im Fallen äusserlich wieder etwas schmilzt. Am wahrscheinlichsten ist, dass der Wasserdampf in sehr hohen, unglaublich kalten Regionen, in die er durch das Aufsteigen der sehr erhitzten Luft gelangte, niedergeschlagen wird, mit den dortigen kalten Luftschichten herabsinkt, sehr erkaltet in die wärmeren

Digitized by Google

und feuchten unteren Regionen kommt, und durch das aus ihnen niedergeschlagene Wasser sich vergrössert.

Man hat viele Beispiele starker *mechanischer Wirkungen* des Blitzes, z. B. dass er die stärksten Bäume spaltet, Felsen zerschlägt, und einmal hat er sogar eine starke Mauer verschoben. Das *Zünden* ist keine Folge der Hitze des Blitzes, da die Elektricität an sich nicht warm ist (§. 169) und es also auch keinen sogenannten kalten Schlag geben kann, sondern wahrscheinlich eine Folge einer ihm eigenthümlichen, vielleicht chemischen, Wirksamkeit. Leicht brennbare Körper werden oft ohne Entzündung durch ihn zerstört, Metalle leiten ihn, wenn sie dick genug sind, sonst aber werden sie geschmolzen und auch wohl verkalkt; merkwürdig aber ist, dass in sandigen Gegenden der Quarzsand durch ihn zu den, mitunter bis 30 Fuss tief in die Erde hinabgehenden, *Blitzröhren* geschmolzen wird.

Die Gewitterelektricität hat einen unverkennbaren Einfluss auf den thierischen Organismus, woraus das unangenehme Vorgefühl der Gewitter bei manchen Menschen erklärlich wird. Der Blitz trifft übrigens Menschen und Thiere leicht, und bewirkt Betäubung oder Tod durch Ueberreiz des Nervensystems, zuweilen mit äussern Verletzungen, Verbrennungen der Haare und Kleidungsstücke, höchst selten aber mit innern Zerstörungen.

Eine höchst merkwürdige Erscheinung ist der die Blitzschläge begleitende eigenthümliche Geruch, welcher sehr allgemein *schwefelig* genannt wird. Sehr wichtig wäre es, erst auszumitteln, ob derselbe wirklich dem von brennendem Schwefel gleicht, und nicht vielmehr brenzlich ist, was den Wirkungen des Blitzes ungleich angemessener seyn würde.

§. 272. Die Gewitter gehören in unsern Gegenden dem Sommer an. Indess ereignen sie sich nicht bloss im Winter, sondern auch in einigen, namentlich nördlichen, Gegenden ausschliesslich in dieser Jahreszeit. Ihre Menge ist in verschiedenen Jahren sehr verschieden, auch sind sie

Digitized by Google

in den einzelnen Monaten sehr ungleich vertheilt, in Deutschland am häufigsten im Juli, am seltensten im November.

Nicht sowohl die *Wärme des Sommers* ist eine nothwendige Bedingung der Gewitter, als vielmehr ein *schneller Wechsel der Temperatur*, oder die Mischung ungleich warmer Luftmassen und dadurch bedingte wässerige Niederschläge. Daher entstehen sie namentlich an Norwegens Küste, in Kamtschatka u. a. a. O. häufig im Winter durch warme Seewinde. In den Tropengegenden sind sie zur Regenzeit sehr häufig, auch erfolgt an den südlichen Küsten Spaniens im Sommer meistens täglich ein Gewitter mit nachfolgendem heiteren Wetter. In der Regel behalten namentlich in Deutschland u. a. a. O. die folgenden die Richtung und den Zug der frühern bei.

§. 273. Die Blitzableiter gewähren ein sicheres Mittel, um die Gebäude gegen das Einschlagen des Blitzes zu verwahren, dagegen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, Hagelableiter oder zureichende Mittel zur Verhütung der nachtheiligen Wirkungen heftiger Gewitter im Allgemeinen aufzufinden.

Nach vielfachen Erfahrungen trifft der Blitz oft grünende Bäume, vorzüglich einzeln stehende Eichen, Heu- und Korn-Haufen, Schornsteine und vorzugsweise die Ecken verfallener Mauern, überhaupt einzeln hervorragende Gegenstände, verfolgt die einmal ergriffenen, vorzüglich metallenen, Leitungen oder feuchten Mauern, verlässt aber beide, die ersteren jedoch nur dann, wenn sie nicht bis zur feuchten Erde fortgehen, um an nahestehende Menschen überzuspringen. Dagegen durchbricht der Blitz nie eine trockene Luftschicht von 4 bis 6 Fuss Dicke, und man ist daher mitten im Zimmer, entfernt von Oefen, Schornsteinen, herabhängenden Kronleuchtern, herabgehenden metallenen Glockenzügen u. dgl., besser sitzend als stehend, vollkommen gesichert. Zugluft schadet nicht, und freistehende Betten gewähren ein vorzügliches Mittel der Sicherung. Einzelne kleine Metallstücke am menschlichen Körper sind gefahrlos,

Digitized by Google

das feste Verschliessen der Fenster und Thüren ist unnütz, Feuer auf den Herden anzuzünden bringt den Häusern und das Läuten der Glocken den Läutenden Gefahr. Verschiedene andere vorgeschlagene Schutzmittel sind theils unnütz, theils unausführbar oder beides zugleich.

Blitzableiter können den Blitz nicht hindern und seine Ausbrüche nicht aufheben, sondern bloss ihm eine, für die Gebäude unschädliche, Ableitung geben. Die hohen, und nach den Weltgegenden gerichteten *Spitzen* derselben sind daher unnütz, wichtig dagegen ist, dass alle Hervorragungen der Gebäude, wenn sie vom Blitze getroffen werden, demselben eine bis zur feuchten Erde herabgehende metallene, hinlänglich starke, Leitung darbieten. Man verfertigt sie aus starken *Eisenstangen*, besser aus Streifen von *Rollblei* oder *Kupfer*, noch besser aus geflochtenen *Seilen* von *Messing*- oder *Kupferdraht*, welche man auf eine geeignete Weise über die Hervorragungen der Häuser hinzieht, ohne Unterbrechung der einzelnen Theile elektrisch leitend mit einander verbindet, und zuletzt am besten in mehrere Zweige zerspalten unter der Oberfläche des feuchten Erdbodens ausbreitet. Das Hinführen zu einem vorzüglich tiefen Brunnen ist unnütz, in einiger Hinsicht schädlich. *Hagelableiter* für die Felder gibt es nicht; namentlich beruhen *Lapostolle's* (Strohseile) auf einer einfältigen Täuschung oder auf offenbarem Betruge, und auch für die Zerstreuung der Gewitter durch Schiessen sind die Erfahrungen nicht hinlänglich beweisend.

§. 274. Die Anzahl der heiteren, der trüben, nebligen und regnerischen Tage ist nicht leicht zu bezeichnen. Die Regenmenge ist zwar leicht, die Menge des durch alle atmosphärische Niederschläge erhaltenen Wassers dagegen schwer bestimmbar. Inzwischen ergibt die Erfahrung so viel, dass dieselbe an den nämlichen Orten alle Jahre ziemlich gleich und bedeutend genug ist, um die Entstehung der Quellen und Flüsse daraus zu erklären.

Digitized by Google

In einigen tropischen Gegenden regnet es sehr viel, in anderen gar nicht; z. B. in *Aegypten* ist das Regnen eine Seltenheit, in *Lima* eine gänzlich unbekannte Erscheinung.

Zur Bestimmung der Regenmenge dient das *Hyetometer* oder der Regenmesser, wozu man jedes freistehende und gegen sonstigen Zufluss gesicherte Gefäss mit gerade aufstehendem oder noch besser mit oben mehr zusammengebogenem Rande und ebenem Boden wählen kann, um die Höhe des Wassers darin nach Zollen zu messen. Um kleine Mengen zu sammeln und gegen den Einfluss der Verdunstung zu sichern, lässt man das Wasser aus dem grösseren Gefässe in ein kleineres ablaufen, und bestimmt die Höhe mit Rücksicht auf das Verhältniss der Durchmesser beider, und der horizontalen, durch den oberen Rand begrenzten, die Regentropfen auffangenden, Fläche des grösseren. Auf diese Weise hat man gefunden, dass die Regenmengen an verschiedenen Orten sehr ungleich sind. Im nördlichen Deutschland beträgt sie im Mittel von 15 bis 22, im südlichen von 22 bis 28 Par. Zoll, in Frankreich von 20 bis 34 Zoll, in den Tropengegenden aber bei 4 bis 5 Regenmonaten über 100, und zuweilen in einem Tage über 10 Zoll.

§. 275. Durch die Brechungen der Lichtstrahlen in der Luft und den Dünsten entstehen die Morgen- und Abendröthe, in den Regentropfen der Regenbogen mit seinem durch doppelte Brechung gebildeten Schatten, oder Nebenregenbogen. Aehnliche, aber weniger genügend erklärte, Erscheinungen sind die Höfe um die Sonne und vorzüglich um den Mond, desgleichen die sogenannten Nebensonnen und Nebenmonde.

Die an verschiedenen Orten und verschiedenen Tagen mehr oder minder lebhaften Farben der *Morgen-* und *Abendröthe*, hauptsächlich Roth, doch auch Gelb und Purpur, Grün aber nur selten und in einzelnen Streifen, erklärt man daraus, dass die rothen und gelben Lichtstrahlen vorzugsweise von den Wolken und der dichteren Luft im Horizonte zurückgeworfen werden.

Digitized by Google

Die Erscheinung des *Regenbogens* wird aus den Gesetzen der Lichtbrechung vollständig erklärt. Ein von der Sonne *S* Fig. 46 ausgehender Lichtstrahl, welcher ohne Brechung im Regentropfen nach *E* gelangen würde, trifft den kugelförmig angenommenen Regentropfen in *d*, und wird hier in die einzelnen Farben zerlegt, deren beide äusserste in der Zeichnung angegeben sind. Die geringste Brechung erleidet das rothe Licht, und nimmt also den Weg *d a r*, die stärkste dagegen das violette, welches daher von *d* nach *b* und *v* gelangt; *m n*, mit *S E* parallel, ist die Axe des Bogens, in welchem die Erscheinung wahrgenommen wird, wenn der Winkel *S E v* und *S E r* unverändert bleiben soll. Nimmt man ferner den Tropfen *C* nur so klein an, wie er in der Natur ist, so kann von einem einzigen nicht zugleich der violette und rothe Lichtstrahl im Auge vereinigt werden, sondern die einzelnen Farben kommen von verschiedenen, und für jeden Beobachter von anderen Tropfen; der Winkel, welchen der Lichtstrahl *v* mit *n m* macht, ist 40° 16′, der des Lichtstrahles *r* beträgt 42° 2′; zu dem Unterschiede beider den scheinbaren Halbmesser der Sonne 30′ addirt, gibt 2° 16′ als die Breite des Bogens, und da der Lichtstrahl *v* vom Auge aus verlängert unterhalb *r* liegt, wenn man *v* und *r* in einem Punkte im Auge vereinigt denkt, ohne ihre Richtung zu ändern, so muss das Roth nach aussen, das Violett nach innen liegend erscheinen. Die Grösse des sichtbaren Bogens hängt von der Höhe der Sonne, der Depression des Horizontes unter den Standpunkt des Beobachters und der Nähe der Wolke ab, die Lebhaftigkeit der Farben wird durch die Vollkommenheit der Brechung und den Einfluss einer schwarzen Wolke hinter dem Bogen bedingt, indem der Eindruck der prismatischen Farben auf das Auge so viel stärker empfunden wird, je weniger anderweitiges Licht, namentlich durch die Wolke selbst dringendes, dasselbe afficirt. Sind bloss einzelne Stücke des Bogens sichtbar, so nennt man diese *Regengallen*.

Digitized by Google

Auf gleiche Weise erläutert Fig. 47 die Entstehung des *Nebenregenbogens* oder Schattens, welcher durch doppelte Brechung entsteht, dessen Farben daher minder lebhaft seyn müssen, auch ergibt sich aus der Zeichnung leicht, dass bei diesem das Violett ausserhalb, das Roth innerhalb liegen müsse. Die Regenbogen durch den Mond werden auf gleiche Weise erzeugt, sind aber schwächer. Andere Nebenregenbogen und umgekehrte erklärt man aus der vorhergehenden Spiegelung der Sonne im Wasser und aus einer länglichten Figur der Regentropfen.

Die einfachen und doppelten *Höfe* um Mond und Sonne, die *Kronen*, die *Nebensonnen* und *Nebenmonde* werden weniger leicht aus der Brechung des Lichtes in Dunstbläschen und feinen Eisnadeln erklärt. Eine ohngefähre Ansicht der Höfe und Kronen gibt Fig. 48, wenn man annimmt, dass das Auge in v parallele Strahlen von dem leuchtenden Himmelskörper aus S^1 und S erhält, wovon die ersteren, indem sie durch einen brechenden Tropfen, ein Dunstbläschen oder ein Eistheilchen gehen, in farbige Strahlen $a\,b\,v$ und $a\,d\,r$ zerlegt werden, wonach die rothen Strahlen die inneren seyn müssen.

§. 276. Verwandte Erscheinungen, welche gleichfalls durch Zurückwerfung und Brechung des Lichtes erzeugt werden, sind die Spiegelung der Objecte in den Dünsten der Atmosphäre und die sogenannte Luftspiegelung, welche auf der Brechung der Lichtstrahlen beruhet.

Dünste und Nebel reflectiren Bilder der Gegenstände, wie man wahrnimmt, wenn man Abends beim Lampenlichte sein Bild im Nebel oder (ohwohl selten) selbst in der sehr feuchten Luft des Zimmers erblickt. Auf gleiche Weise liefern auch Wolken eine schwache Spiegelung der Gegenstände, deren Bilder dann zuweilen mit einer Glorie umgeben sind, wahrscheinlich durch Beugung des Lichtes.

Eine sehr interessante, erst in den neuesten Zeiten mehr beachtete, Erscheinung ist die sogenannte *Luftspiegelung*, auch *Seegesicht*, *Kimmung*, *Mirage*, *Fata Morgana* (Bilder der Fee Morgana) genannt. Es ereignet

Digitized by Google

sich nämlich sowohl auf der See, als insbesondere auf weiten sonnigen Ebenen durch die ungleiche Erwärmung der horizontalen Luftschichten, und dadurch bewirkte Krümmung der durchgehenden Lichtstrahlen, dass manche entfernte Gegenstände dem nicht hoch über der Erdoberfläche befindlichen Auge ungewöhnlich hoch zu liegen, zuweilen aber vom Wasser umgeben scheinen. Letzteres rührt daher, dass ausser dem scheinbar in die Höhe gerückten Gegenstande auch Lichtstrahlen von dem weiter weg liegenden Theile des Himmels in das Auge des Beobachters gelangen, und daher den Schein des umgebenden Wassers erzeugen. Zuweilen scheinen die Objecte verkehrt in der Luft zu schweben, und nicht selten sind sie doppelt, indem sie sich mit den Spitzen berühren.

Höchst wahrscheinlich gehört die lange bekannte Erscheinung, welche man unter günstigen Umständen an der Küste von Reggio beobachtet, und *Fata Morgana* nennt, gleichfalls hierunter. Man sieht nämlich allerlei Gestalten von Häusern, Säulen, Bäumen, auch Menschen und Thieren in der Luft schweben, welche beim Erheben eines leichten Windes sich plötzlich in einander wirren und verschwinden. Muthmasslich sieht man hierbei durch Brechung des Lichtes die höher gehobenen Küsten von Messina, minder wahrscheinlich durch Spiegelung in den Dünsten über dem Meere die Küsten von Reggio selbst.

§. 277. Unter die leuchtenden Meteore gehören ferner die leicht zu erklärenden Irrlichter und die Polarlichter, welche nach den neuesten Beobachtungen ohne Zweifel für elektrisch zu halten sind. Schwieriger ist die Erklärung des viel seltnern Thierkreis- oder Zodiacal-Lichtes.

Die über sumpfigen Wiesen, Kirchhöfen und an Orten mit modernden thierischen Körpern entstehenden, im Finstern sichtbaren, hüpfenden Lichtflämmchen, *Irrlichter* genannt, sind ohne Zweifel aus der Erde aufsteigendes Phosphorwasserstoffgas, oder damit vermischte, brennende oder mindestens leuchtende Gasarten. Sie sind zwar oft beobachtet, aber noch nie genauer untersucht

Digitized by Google

Die *Nordlichter* gehören den nördlichen, wie die *Südlichter* den südlichen Polar-Ländern an, und wenn sich auch ähnliche Erscheinungen in etwas niederen Breiten zeigen, so wird doch kein eigentliches Nordlicht über Portugal hinaus beobachtet. In Schottland und unter gleichen Breiten werden sie häufig gesehen, in Island erscheinen sie täglich, stehen dort schon in Osten und Westen, und zuweilen, wiewohl schwache, im Süden, in Spitzbergen sind sie meistens südlich; in Nordamerica sind sie unter gleich hohen Breiten ungleich häufiger, als in England, werden aber vom 71sten Breitengrade an stets in südlicher Richtung gesehen, statt dass sie an einigen Orten in Sibirien unter 75° N. B. noch nördlich liegen, an andern aber, selbst vom 60sten Grade an, eine südliche Richtung anzunehmen scheinen. Sie umlagern also die beiden Kältepole der Erde, deren einer mit dem americanischen magnetischen Pole (§. 191) zusammenfallen, der andere oberhalb Sibirien liegen soll.

Nach den neuesten Beobachtungen fallen alle die vielen Hypothesen, welche man über die Höhe und das Wesen derselben aufgestellt hat, von selbst weg, und man darf es für ausgemacht halten, dass sie elektrische Erscheinungen in den niedrigen Flockenwolken oder nur den Dünsten der Atmosphäre sind, welche in der trocknen und kalten Luft der nördlichen Gegenden, wo es keine Gewitter mehr gibt, durch Herstellung des Gleichgewichts zwischen der Elektricität der Luft und der Erde entstehen. Dort umgeben sie daher den ganzen Horizont und sind hellleuchtend, im nördlichen Deutschlande aber und unter etwas höheren Breiten erscheinen sie als röthliche, hellflammende Strahlen, welche aus einem dunkelen Bogen im nördlichen Horizonte heraufschiessen und bei grosser Stärke das Zenith erreichen, oder selbst darüber hinausgehen. Dass sie seit dem Anfange dieses Jahrhunderts in den Ländern diesseits des Canals, der Nord- und Ostsee, so selten beobachtet sind, ist allerdings bis jetzt unerklärt.

Ein starkes Getöse, ein eigentliches Krachen, begleitet dieselben nie, jedoch wollen einige Beobachter

Digitized by Google

ein Zischen, wie von ausströmender Elektricität, gehört haben. Oft ist das sie begleitende Geräusch entschieden eine Folge des durch die Kälte zusammengezogenen und berstenden Eises. Die von *Ritter* angenommene Periodicität derselben und ein Wechsel mit dem Herabfallen der Meteorsteine fällt nach späteren Beobachtungen von selbst weg. Die Magnetnadel wird durch sie gleichfalls afficirt und in Schwankungen versetzt, oder die Abweichung derselben wird vermehrt, was sich auf die Erscheinungen des Elektromagnetismus zurückführen lässt.

Das *Zodiacal-* oder *Thierkreis-Licht* ist ein zungenförmiger Lichtschein, welcher sich vorzüglich in den Nachtgleichen, bald nach Sonnen-Auf- und Untergang von der Sonne aufwärts durch einen Theil des Thierkreises am Himmel heraufzieht. Dass die Sonnen-Atmosphäre sich nicht so weit erstrecken könne, ist jetzt hinlänglich erwiesen. Nicht ohne Wahrscheinlichkeit erklärt man dasselbe aus einer Beugung des Sonnenlichtes um die Erdkugel.

§. 278. Sehr schwierig zu erklären sind die Sternschnuppen, welche von verschiedener Grösse, in ungleichen Höhen und regellos wechselnder Zahl in allen Gegenden des Himmels oft in grosser Menge beobachtet werden. Die grössten derselben gleichen sehr den sogenannten Feuerkugeln, welche oft mit einem lauten Getöse verbunden sind, und nicht selten kleinere oder grössere, bis zu den grössten Massen verschiedenartiger sogenannter Meteorsteine auf die Erde fallen lassen. Es ist jetzt wohl erwiesen, dass der grösste Theil der Sternschnuppen von den kleinsten bis zu den grössten Feuerkugeln kosmischen Ursprungs sey.

Man unterscheidet die *Sternschnuppen* oder *Sternschüsse* nach ihrer Grösse. Die der ersten und zweiten Grösse haben einen, nach dem Verschwinden der Kugel noch einige Zeit leuchtenden Schweif, oder bilden ohne deutlich getrennte Kugel bloss einen leuchtenden Schweif, welcher vom äussersten Ende an allmälig erlöscht; die kleineren, bis zur sechsten Grösse und die bloss durch Kometensucher sichtbaren, bestehen aus einer kleinen,

Digitized by Google

bis zu einem blossen Punkte abnehmenden, leuchtenden Kugel. Alle Arten bewegen sich oft mit einer Geschwindigkeit, welche auf 5 bis 6 Meilen in einer Secunde steigt, nach allen Richtungen, und zeigen sich nicht selten in unglaublicher Menge, ohne Einfluss der Witterung oder sonstiger bekannter Bedingungen.

Die Art ihrer Entstehung ist äusserst räthselhaft, doch scheint diejenige Meinung noch am meisten für sich zu haben, wonach sie sich den Feuerkugeln anschliessen. Letztere sind von ihnen blos durch die Grösse verschieden, welche gleichfalls nicht bei allen dieselbe ist, kommen zuweilen so tief herab, dass sie nahe über der Erde hinstreifen, oder zeigen sich und verschwinden in Höhen von 6 bis 60 Meilen und noch wohl darüber. Meistens ist ihre Bahn gekrümmt, zuweilen scheinen sie wiederzurückzuspringen, und sie bewegen sich zwar langsam in der Nähe der Erde, in der Höhe aber gleichfalls sehr schnell. Einige derselben zerplatzen mit einem starken, selbst bis auf mehrere Meilen wahrnehmbaren, donnerähnlichen Knalle, und dann fallen in der Regel die *Meteorolithen* oder *Meteorsteine* mit einem eigenthümlichen Geprassel aus ihnen herab.

Diese letzteren sind gelblichgraue, mit einer gestrickten, meistens schwarzen, schlackenartigen, dünnen Rinde überzogene, viele eingesprengte und eingewebte metallische Kügelchen und Blätter enthaltende Steine, und bestehen im Allgemeinen aus Eisen, Kieselerde, Magnesia, Nickel, Chrom, Schwefel, Kalk, Thon, Mangan und noch vielleicht aus anderen, in sehr geringer Menge beigemischten, Substanzen. Sie sind an Grösse und Menge der Stücke, worin sie im Herabfallen aus der Luft zerspringen, sehr verschieden. Höchst merkwürdig sind die gleichfalls unleugbar aus der Luft herabgefallenen grossen Massen gediegenen *Eisens* mit vielen inneren und äusseren blasigen Räumen, worin sich *Olivin* befindet. Am bekanntesten unter ihnen sind die von *Pallas* in Sibirien gefundene 1600 Pfund schwere, und die 1751 bei Hradschina vor mehreren Augenzeugen glühend vom Himmel gefallene, 71 Pfund schwere, Eisenmasse.

Digitized by Google

Anfangs hielt man die Nachrichten bei den alten Schriftstellern von herabgefallenen Steinen für Fabeln, bis die Sache selbst durch die vollständigsten Untersuchungen über allen Zweifel erhoben wurde. Die Steine wurden von Einigen für *Auswürflinge* der *Vulcane* gehalten, wogegen aber die Unmöglichkeit solcher Wurfkräfte streitet; Andere liessen sie aus dem *Monde* kommen, was zwar möglich, aber wegen der vielen erforderlichen Bedingungen, welche sämmtlich zusammentreffen müssten, wenn ein vom Monde aus emporgeschleuderter, also an dessen Bewegung im Weltraume theilnehmender, Stein zur Erde, die gleichfalls binnen 24 Stunden 358700 Meilen in ihrer Bahn zurücklegt (§. 204), gelangen sollte, höchst unwahrscheinlich ist; die Hypothese einer Entstehung derselben aus der *atmosphärischen Luft* muss zu beinahe unmöglichen Wirkungen ihre Zuflucht nehmen, um in solchen Höhen, wo die Luft unmessbar dünn ist oder ganz fehlt (§. 262), so grosse Massen als entstanden zu denken, und es bleibt also noch das Wahrscheinlichste, dass sie *kosmischen Ursprungs* sind, und schon glühend, vielleicht als sehr ausgedehnte Massen, an der Grenze der Atmosphäre ankommen. Hiergegen streitet vorzüglich die sehr grosse Zahl der Sternschnuppen, wenn man allen einen gleichen Ursprung mit den grossen Feuerkugeln beilegen wollte, dagegen aber liegt ein sehr entscheidender Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese in dem durch *Brandes* bemerkten Umstande, dass die Bahn der Sternschnuppen derjenigen unserer Erde entgegengerichtet ist, welches vermuthen liess, dass die letztere jenen, im Weltraume bewegten, entgegenkommt, und durch die neuesten Beobachtungen in America jetzt für erwiesen gilt. Zudem ist gar kein Grund vorhanden, die Menge der im Weltraume zerstreuten Materie für geringe zu halten.

§. 279. Das Klima und die dasselbe bedingenden Ursachen haben einen grossen Einfluss auf die Vegetabilien, und die Beschaffenheit dieser wiederum auf die Animalien. Zugleich ist unverkennbar, dass nicht sowohl die Meteore, als vielmehr die Temperatur, die Feuchtigkeit der Atmosphäre und sonstige klimatische Bedingungen einen grossen

Digitized by Google

Einfluss auf herrschende Krankheiten, auf die Gesundheit der Bewohner gewisser Gegenden und sowohl mittelbar als auch unmittelbar auf den physischen und moralischen Charakter derselben haben.

Einige Gegenden bedingen sehr auffallend gewisse Arten von Krankheiten, und verändern den Charakter ihrer Bewohner allmälig sehr bestimmt, andere dagegen sind neben verschiedenen anderweitigen Bedingungen, z. B. des Handels, des Wohlstandes, der Cultur, der Regierungsform u. s. w. bloss mitwirkend. Die hieran sich schliessende Länder- und Völkerkunde ist ein eben so interessanter als weitläuftiger Gegenstand der Untersuchung.

Digitized by Google

Fig. 1.

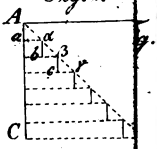


Fig. 5.

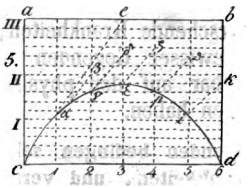
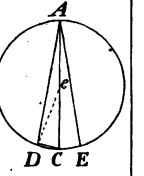


Fig. 7.



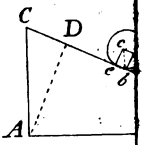


Fig. 10.

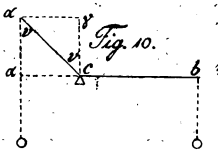
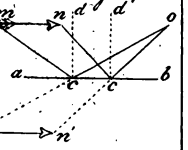
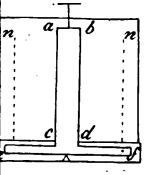


Fig. 17.





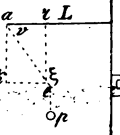


Fig. 16.

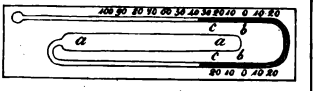
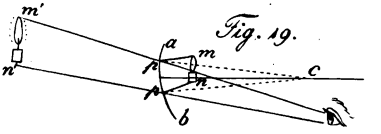


Fig. 19.



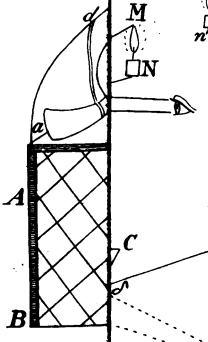
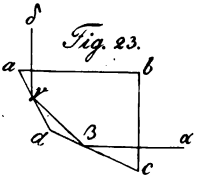


Fig. 23.

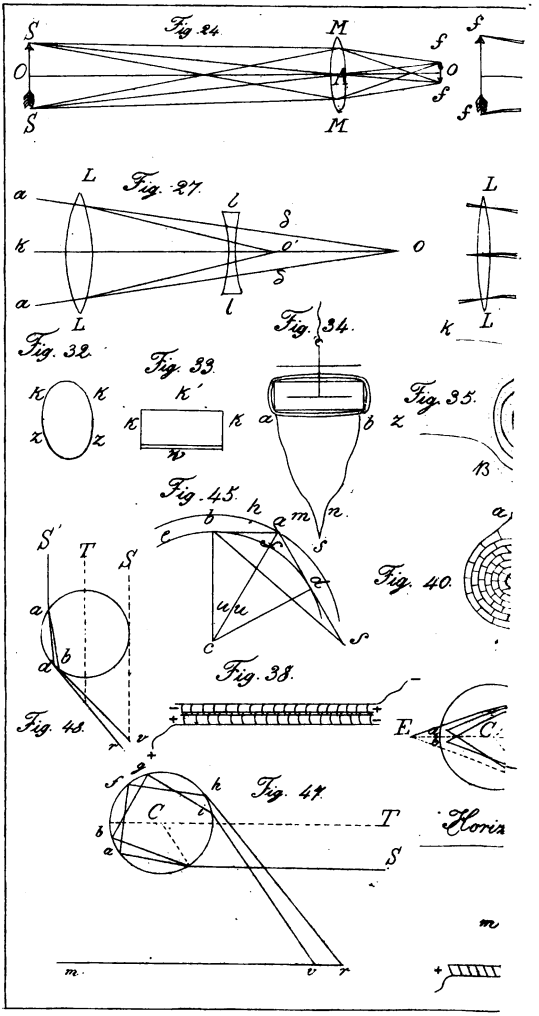


G. Dunzinger de

Ant. Karcher Sc.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google